

Wirtschaftliche und technische Zusammenhänge zwischen Energie und Agrarproduktion

Working Paper

Author(s):

Angehrn, Beda; Baltensweiler, Marco; Lips, Markus

Publication date:

1998

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004996466>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Originally published in:

Schriftenreihe / ETH Zürich, Institut für Agrarwirtschaft 1998(6)

ETH Zürich
Institut für Agrarwirtschaft/Institut d'économie rurale

Schriftenreihe Publications

1998/6

**WIRTSCHAFTLICHE UND TECHNISCHE
ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN ENERGIE UND
AGRARPRODUKTION**

Beda Angehrn, Marco Baltensweiler, Markus Lips

Januar 1997



ETH-Zentrum, 8092 Zürich

1998/6

**WIRTSCHAFTLICHE UND TECHNISCHE
ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN ENERGIE UND
AGRARPRODUKTION**

Beda Angehrn, Marco Baltensweiler, Markus Lips

Januar 1997

Adresse der Verfasser:

Institut für Agrarwirtschaft
B. Angehrn, M. Baltensweiler, M. Lips
ETH-Zentrum
8092 Zürich

Erste Auflage (20 Exemplare)

Institut für Agrarwirtschaft
ETH-Zentrum
8092 Zürich

Wirtschaftliche und technische Zusammenhänge zwischen Energie und Agrarproduktion

Leitung: Peter Rieder

Mitarbeiter: Beda Angehrn
Marco Baltensweiler
Markus Lips

Januar 1997

Institut für Agrarwirtschaft

Wirtschaftliche und technische Zusammenhänge zwischen Energie und Agrarproduktion

Das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) beauftragten das Institut für Agrarwirtschaft der ETH Zürich mit einer Studie zur Relevanz der wirtschaftlichen und technischen Zusammenhänge zwischen Energie und Agrarproduktion. Es bestehen zwei grundsätzliche Zusammenhänge, die zu beschreiben sind: Erstens bringen verschiedene Agrarpolitiken unterschiedliche Agrarproduktionssysteme hervor, die den Energiebedarf und die Energienachfrage des landwirtschaftlichen Sektors bestimmen. Zweitens beeinflusst die Verfügbarkeit von Energie, bzw. die jeweilige Energiepolitik und die Energiepreise die Energieintensität der Agrarsysteme.

Im speziellen sind folgende Aspekte zu untersuchen:

Im ersten von drei Teilen werden die Agrarsysteme einer Auswahl von Ländern in bezug auf ihre Energieintensitäten charakterisiert, mit dem Ziel, das schweizerische Agrarsystem vergleichend darzustellen und eine Vergleichsbasis für zu erarbeitende Entwicklungsmöglichkeiten zu schaffen. Es soll aufgezeigt werden, wie die Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital in unterschiedlichem Ausmass (verschieden intensiv) eingesetzt werden und welche Zusammenhänge zwischen dem Faktoreinsatz und der Energieintensität bestehen. Dieser Teil besteht im wesentlichen aus einer Literaturlauswertung.

Der zweite Teil umfasst agrarbezogene Energiestudien mit schweizerischer Relevanz. Die Studien betreffen sowohl den Agrargüter- als auch den Energiemarkt. Um für die Schweiz sinnvolle Aussagen machen zu können, sind die internationalen Marktverhältnisse im Sinne von möglichen Vorgaben aufzuarbeiten, da die Schweiz bei beiden Märkten eine hohe internationale Abhängigkeit aufweist.

- Bezüglich internationaler Energiepreise und -märkte sind zwei Aspekte mit ihren Auswirkungen auf die Schweiz zu untersuchen.
 - Erstens sind die Auswirkungen möglicher Energiepreisentwicklungen abzuschätzen. Dabei ist insbesondere auf die Substitutionsmöglichkeiten zwischen landwirtschaftlichen Produktionsfaktoren und deren Wirtschaftlichkeit einzutreten.

- Zweitens ist bei weltweit stark steigenden Energiepreisen anzunehmen, dass in zunehmendem Masse Agrarland zur Energieproduktion eingesetzt würde. Eine solche, heute noch hypothetische Entwicklung hätte eine (wesentlich verstärkte) gegenseitige Abhängigkeit der Nahrungsmittel- und Energiepreise und erhebliche Veränderungen der weltweiten Ernährungslage zur Folge.
- Mögliche Agrarstrukturentwicklungen können zweckmässig nach folgenden Kriterien charakterisiert werden:
 - Grad der Annäherung an Weltmarktpreise für Agrarprodukte (z.B. aufgrund der GATT-Vereinbarungen, einer Annäherung an EU oder Weltmarktpreise)
 - Umfang der Transfers an die Landwirtschaft.
 - Grad der Oekologisierung (z.B. sogenannte Integrierte Produktion (IP) versus forcierte Umstellung auf biologische Produktion).

Die Agrarstrukturentwicklung und die Vorgaben bezüglich Energiepreise und Energiemärkte stehen schliesslich in einer gegenseitigen Abhängigkeit.

Die vorliegende Studie umfasst diese zwei Teile, denen wir einführende Bemerkungen zur landwirtschaftlichen Energiebilanz und Energienachfrage vorausschicken. Zu einem späteren Zeitpunkt wird die Studie mit einer multisektoriellen Analyse des Agrar- und Energiesektors ergänzt werden (dritter Teil).

Inhalt

0	Einleitung	5
0.1	Energiearten	5
0.2	Energieflüsse und -bilanzen	5
0.3	Landwirtschaftliche Energienachfrage	8
0.3.1	Anteil der Landwirtschaft am Gesamtenergieeinsatz	9
0.3.2	Energierelevanz landwirtschaftlicher Produktionsfaktoren	10
0.3.3	Bestimmungsfaktoren der Nachfrage	12
0.3.4	Verbrauchsentwicklung	13
1	Teil I: Energieeinsatz in verschiedenen Agrarsystemen	16
1.1	Indikatoren zur Beurteilung von verschiedenen Agrarsystemen	16
1.2	Ländervergleich	17
2	Teil II: Struktur- und Energieszenarien für die schweizerische Landwirtschaft .	20
2.1	Agrarstrukturmodell	21
2.1.1	Methode	21
2.1.2	Modellannahmen	21
2.1.3	Modellresultate	25
2.2	Agrarstrukturentwicklungen: Resultate	25
2.2.1	Agrarpolitik 2002	25
2.2.2	EU-GAP	26
2.2.3	Weltmarktpreise	28
2.3	Energieszenarien	29
2.3.1	Definition der Energieszenarien	29
2.3.2	Energieszenario A: Weiterhin tiefe Energiepreise	29
2.3.3	Energieszenario B: Energiepreissteigerungen	31
2.3.4	Energieszenario C: Subventionierung nachwachsender Rohstoffe	45
2.3.5	Energieszenario D: Umweltsteuern	47
2.4	Übersicht	55
3	Schlussfolgerungen	56
3.1	Technische Aspekte	56
3.2	Umweltaspekte	56
3.3	Wirtschaftliche Aspekte	57
4	Zusammenfassung	58
5	Bibliographie	60

0 Einleitung

0.1 Energiearten

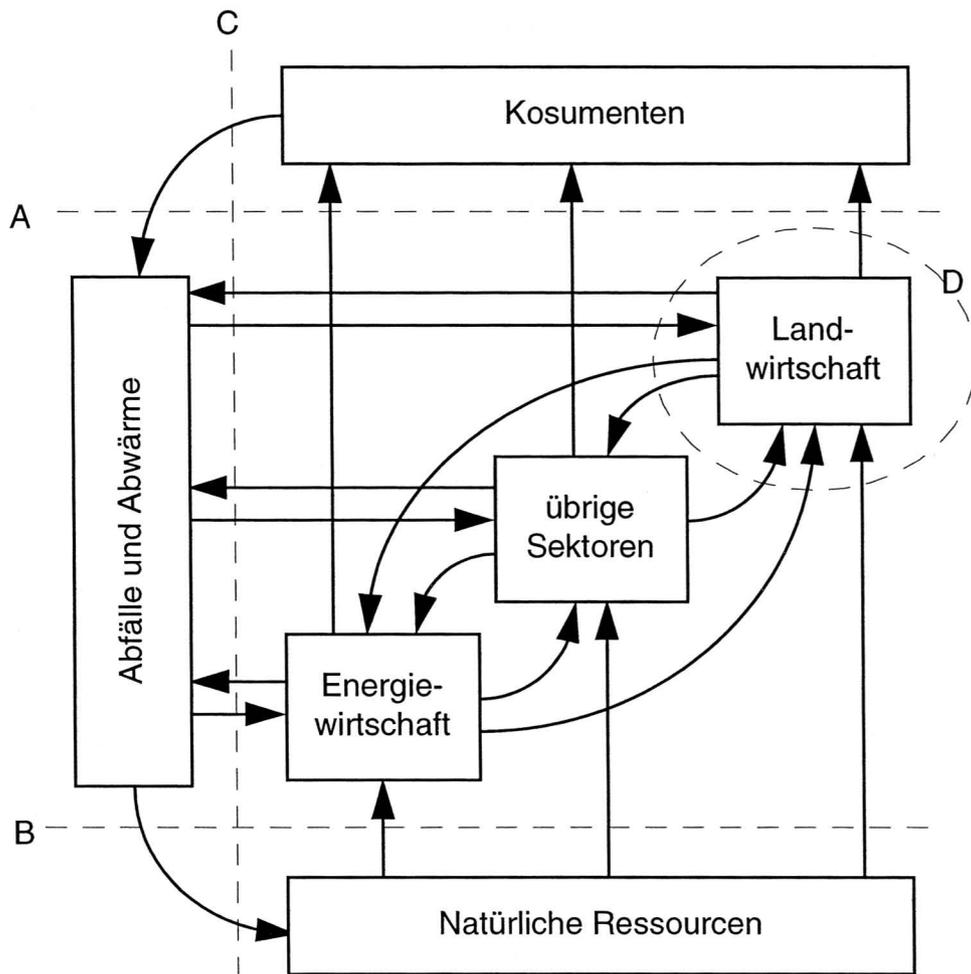
Energie wird nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien systematisiert. Wirtschaftlich unterscheidet man zwischen Primär-, Sekundär- und Tertiärenergie. Unter Primärenergie wird die unmittelbar aus der Natur gewonnene Rohenergie verstanden. Dazu werden die fossile Energie, Holz, Wasserkraft und Windenergie gezählt, sowie die Sonnenenergie, auf die auch die genannten Energiearten zurückgehen. Sekundärenergie ist die Energieart, mit der die Verbraucher (Wirtschaft und Konsumenten) versorgt werden. Sie entsteht durch Veredelung der primären Rohenergie und umfasst insbesondere Mineralölprodukte, Gas und Elektrizität, aber auch menschliche Arbeit und tierische Zugkraft. Tertiärenergie entsteht durch die Umwandlung der Sekundärenergie in die gewünschte Form (Licht, Kraft, Wärme, Kälte).

Dementsprechend nutzt die Landwirtschaft Primär- (Sonnenenergie) und Sekundärenergie. Sekundärenergie wird direkt in Form von Treibstoffen, Brennstoffen und elektrischem Strom und indirekt in Form der Herstellungsenergie der sonstigen Produktionsmittel eingesetzt. Die indirekte Energie wird auch als graue Energie bezeichnet. Sowohl direkte als auch indirekte Energiearten sind für die wirtschaftliche Analyse eines Sektors relevant, da sich zum Beispiel eine Energieverteuerung kurz- bis mittelfristig nicht auf die direkte Energie beschränken würde, sondern auch auf die Preise der sonstigen Produktionsfaktoren auswirkt. Das Ausmass dieser Preiswirkung ist bestimmt erstens durch den Energieanteil an den Herstellungs- oder Bereitstellungskosten der Produktionsfaktoren und zweitens die Preiselastizitäten der Nachfrage und des Angebots von Produktionsfaktoren (vgl. Abschnitt 0).

0.2 Energieflüsse und -bilanzen

In einer biologisch-technischen Betrachtungsweise sind vorerst die Energieflüsse und -bilanzen von Interesse. Zur Illustration diene Abbildung 1. Sämtliche Primärenergien gehen auf natürliche Ressourcen zurück. Diese fließen in die verschiedenen Sektoren. Die Energiewirtschaft veredelt Primär- zu Sekundärenergie und versorgt damit die Landwirtschaft, die übrigen Sektoren und die Konsumenten. Die Landwirtschaft nutzt Primärenergien auch direkt, namentlich in Form von Sonnenenergie. Zwischen den einzelnen Sektoren werden Vorleistungen ausgetauscht, für deren Bereitstellung ebenfalls in unterschiedlichem Masse Energie aufgewendet wird. In diesem Sinne kann von einem Energiegehalt der Vorleistungen (Produktionsfaktoren) gesprochen werden. Auf den verschiedenen Stufen entstehen Energieverluste, vor allem in Form von Abwärme und Werkstoffen oder Abfällen. Diese fließen teils in die Wirtschaft zurück, teils werden sie von den natürlichen Ressourcen absorbiert und/oder belasten diese.

Abbildung 1: Energieflüsse



Energieflüsse können nun in bezug auf ein Teilsystem definiert und anschliessend bilanziert werden. So kann etwa der Gesamtenergieverbrauch der Konsumenten an der imaginären Linie A gemessen werden, die totale Entnahme an Primärenergie an der Linie B oder die Energieflüsse in die Landwirtschaft am Kreis D.

Zur Energiebilanzierung ist eine Masseinheit notwendig. Zum Beispiel lassen sich die Energieträger mit ihrem Heizwert bewerten und aufrechnen. Die andern Produktionsmittel können mit der Herstellungenergie, die den indirekten Energieeinsatz angibt, bewertet werden (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Durchschnittliche Energiekoeffizienten einiger Energieträger und Produktionsmittel

	Einheit	Heizwert		
		10 ⁶ J, MJ	kg SKE	kg RÖE
<u>Energieträger</u>				
• Mineralölprodukte	1 kg	42,3	1,443	1,010
• Gas	1 m ³	35,2	1,200	0,840
• Elektrischer Strom ^a	1 kWh	3,6	0,123	0,086
<u>Produktionsmittel</u>				
• Stickstoffdünger	1 kg	46,1	1,575	1,102
• Phosphordünger	1 kg	10,8	0,369	0,258
• Kalidünger	1 kg	7,2	0,246	0,172
• Pflanzenschutzmittel	1 kg	104,2	3,556	2,489
• importierte Futtermittel	1 kg	3,3	0,111	0,077
• Maschinen	1 kg	43,2	1,476	1,033

Quelle: Henze, 1987. SKE = Steinkohleeinheiten, RÖE = Rohöleinheiten. ^a Endenergiegehalt

Der Energiekoeffizient der Pflanzenschutzmittel ist aufgrund der mehrstufigen Herstellungsprozesse besonders hoch. Dabei ist allerdings zu beachten, dass Pflanzenschutzmittel im Vergleich zu andern Produktionsmitteln in kleinen Mengen (Größenordnung Kilogramm pro Hektare) eingesetzt werden. Die Herstellung von Stickstoffdünger und Maschinen sind ebenfalls sehr energieträftig, wobei der Energiebedarf zur Ammoniumherstellung in den 30er Jahren noch bei rund 350 MJ / kg lag (heute unter 50)¹. Die Bereitstellungs- und Herstellungsenergie der Phosphor- und Kalidünger ist tiefer als die Herstellungsenergie der Stickstoffdünger, da erstere zum Teil als Bodenschätze abgebaut werden, zum Teil als Nebenprodukte industrieller Prozesse entstehen.

Für die Landwirtschaft oder einzelne Betriebszweige wie Pflanzenbau und Viehhaltung wurden verschiedentlich Energiebilanzen auf der Basis des Heizwertes errechnet. Dabei wird der Heizwert der Agrarprodukte der Herstellungsenergie der Produktionsmittel gegenübergestellt. Zum Beispiel liegt der Energieertrag der Zuckerrübe ohne Nebenprodukte bei einem mitteleuropäischen Ertragsniveau um 180'000 MJ / ha. Der Energieaufwand beträgt rund 30'000 MJ / ha. Das Verhältnis von Energieertrag zu -aufwand ist damit 6,0:1. Die entsprechenden Faktoren für Kartoffeln, Weizen und Körnermais sind 3,5:1, 3,1:1 und 2,1:1². Die Energiebilanz des Pflanzenbaus ist damit im allgemeinen positiv. Das heisst, es wird netto Energie gewonnen (solange man die Sonnenenergie nicht berücksichtigt). Die Energiebilanzen der Agrarsysteme der industrialisierten Länder nahmen in der Vergangenheit ab, d.h. der Energieaufwand in Form von Produktionsfaktoren pro Energieertrag in Form von Agrarprodukten stieg an. Im Verlaufe dieses Jahrhunderts sind Abweichungen von diesem Trend namentlich in Krisenzeiten (Erster Weltkrieg, Depression in den

¹ Evans, L.T., S. 320.

² Henze, A.; S. 119, Durchschnittswerte der BRD, 1974-78

späten 20er Jahren) festzustellen. Dies ist einerseits auf eine Verschiebung der landwirtschaftlichen Produktion zugunsten energiereicher Grundnahrungsmittel, andererseits auf begrenzte Verfügbarkeit von Produktionsfaktoren zurückzuführen. Dies deutet schon an, dass die Energieintensitäten der Agrarsysteme auf (drastische) Änderungen der Preisverhältnisse reagieren. Übrigens hat die Forstwirtschaft ebenfalls eine positive Energiebilanz aufgrund der Photosyntheseleistung der Pflanzen.

Die Umwandlung pflanzlicher Produkte in tierische Erzeugnisse ist mit einer Verschlechterung der Energiebilanz im Umfang von 70-90% verbunden. Der Energieaufwand zur Veredlung wurde zwar durch züchterische und haltungstechnische Verbesserungen der Futtermittelverwertung verringert, ist aber immer noch beträchtlich. Je nach Produktionsprogramm fällt die Energiebilanz der landwirtschaftlichen Betriebe unterschiedlich aus. Bei hohem Anteil der Veredlung an der Gesamtproduktion wird die sektorale Energiebilanz negativ.

Die auf dem Heizwert der Agrarprodukte und der Herstellungenergie der Produktionsfaktoren basierende Energiebilanz eignet sich, um Entwicklungen des Energieeinsatzes zu beschreiben oder verschiedene Produktionssysteme technisch miteinander zu vergleichen. Sie ist auch von einer gewissen Bedeutung zur Beurteilung der landwirtschaftlichen Produktion von Energieträgern wie Rapsmethylester aus Rapsöl oder Ethanol aus Zuckerrohr, denn eine solche Produktion kommt natürlich nur bei positiver Energiebilanz in Frage. Ferner mag die Energiebilanz ein nützlicher Indikator für Auswirkungen der Landwirtschaft oder des Konsums von Nahrungsmitteln auf die Umwelt sein. (Dabei besteht wie bei allen Indikatoren eine gewisse Gefahr der Überinterpretation, da einerseits die Umweltwirkungen des landwirtschaftlichen Energieeinsatzes erheblich durch die Art und Weise des Energieeinsatzes bestimmt sind, und andererseits die graue Energie der Nahrungsmittel auch die zur Verarbeitung und Verteilung aufgewendete Energie umfasst.) Darüber hinaus hat die Energiebilanz aber kaum eine Aussagekraft. Erstens ist der Heizwert aufgrund der Qualitätsunterschiede der Agrarprodukte eine ungeeignete Masseinheit, um ein Agrarsystem ökonomisch (auch umweltökonomisch) zu charakterisieren oder verschiedene Betriebszweige miteinander zu vergleichen. Zweitens sollte die Herstellungenergie der Produktionsmittel nicht zur gesamten Agrarproduktion (oder der gesamten Produktion eines bestimmten Nahrungsmittels) in bezug gesetzt werden, sondern zu ihrem spezifischen Produktionsbeitrag, das heißt, ihrer Produktivität. Statt der durchschnittlichen Produktionsenergie für ein Kilogramm eines Nahrungsmittels wäre in vielen Fällen die Grenzproduktionsenergie (die Energie, die nötig ist, um die Produktion um eine Einheit zu steigern) zu beurteilen. Unseres Wissens bestehen aber keine solchen Zahlen.

0.3 Landwirtschaftliche Energienachfrage

Die Sonnenenergie ist zweifellos die wichtigste Energieform für die Landwirtschaft, auch wenn sie für sich allein natürlich nicht ausreicht. Von einem rein biologischen Standpunkt aus gesehen, dürfte auch die Energie für die Ernährung der Bodenlebewesen erheblich ins Gewicht fallen. Die menschliche Arbeit (körperlich und intellektuell) ist ebenfalls essentiell. Trotz der unbestrittenen Bedeutung dieser Energieformen ist es sinnvoll, dass wir die Betrachtung im folgenden auf jene Energiearten beschränken, deren Preise auf eine Energieverknappung reagieren würden (siehe

auch Abschnitt 0). Es sind dies die gehandelten Energieformen wie Brenn- und Treibstoffe und Elektrizität, nicht jedoch die Sonnenenergie und die menschliche Arbeit. Die *primäre* Sonnenenergie kann als konstante Energiezufuhr betrachtet werden, die an den Faktor Boden gekoppelt ist. In diesem Sinne muss nicht zwischen den Produktionsfaktoren Boden und primäre Sonnenenergie unterschieden werden. Ebenso unterscheiden wir nicht zwischen dem Faktor Arbeit und menschlicher Arbeitsleistung als Energieform.

In einem weiteren Sinne hat die an den Boden gekoppelte Sonnenenergie aber durchaus ihre ökonomische Bedeutung. Bei einer (drastischen) Verteuerung der Energie wäre zu erwarten, dass der Einsatz energieintensiver Vorleistungen zurückginge. Dies hätte eine Verminderung der Agrarproduktion und damit eine Verteuerung der Nahrungsmittel zur Folge, was wiederum die Bodennachfrage (den Druck auf bisher unbewirtschaftete, häufig marginale Böden) ansteigen liesse. Wenn man so will, kann diese Steigerung der Bodennachfrage durchaus als vermehrte Nachfrage nach Sonnenenergie (und Nährstoffen) interpretiert werden. In diesem Sinne ist der Boden ein Substitut zu klassischen Energieformen. In andern Worten, wo eine Verteuerung der Produktionsfaktoren die Nahrungsmittelpreise steigen lässt, bedeutet eine Verteuerung der Energie eine erhöhte Nachfrage nach landwirtschaftlich nutzbaren Böden. Eine solche Entwicklung mag für die Schweiz sehr hypothetisch sein, da hier die Bodenpreise nur unwesentlich vom landwirtschaftlichen Ertragswert (der ökonomischen Bewertung der im engeren Sinne produktiven Eigenschaften des Bodens) abhängen. Sie ist jedoch in ähnlicher Form in einigen Ländern des Südens Realität. Dort stehen produktionssteigernde, oft energieintensive Hilfsstoffe in einer engen Substitutionsbeziehung zum landwirtschaftlich nutzbaren Boden. Die Verfügbarkeit von Hilfsstoffen vermindert somit die Nachfrage nach neuem Agrarland, das den mehr oder weniger natürlichen Ökosystemen entnommen wird. Der Entnahme natürlicher Ressourcen für die Energiegewinnung für die Landwirtschaft steht daher (im besten Fall) eine Schonung anderer natürlicher Ressourcen gegenüber. Die Grüne Revolution kann daher, wo sie erfolgreich war, als "waldschonende Landwirtschaft" angesehen werden³. Vorerst wenden wir uns nun aber den in einem engeren Sinne energierelevanten Produktionsmitteln zu.

0.3.1 Anteil der Landwirtschaft am Gesamtenergieeinsatz

In Tabelle 2 ist der Anteil der Landwirtschaft am Energieverbrauch in verschiedenen Industriestaaten dem landwirtschaftlichen Anteil am Bruttosozialprodukt gegenübergestellt.

³ Tages-Anzeiger, 8. November 1996, S. 75

Tabelle 2: Anteil der Landwirtschaft am Energieeinsatz und am Bruttosozialprodukt

	Anteil der Landwirtschaft		relative Energieproduktivität (Anteil BSP / Anteil Energieverbrauch)
	Energieverbrauch	BSP	
Schweiz	0,7%	3,0%	4,29
BRD	1,4%	1,0%	0,71
Grossbritannien	0,5%	1,6%	3,20
Niederlande	7,0%	3,5%	0,50
USA	1,0%	2,0%	2,00
Japan	2,0%	2,3%	1,15

Quelle: OECD, 1992

Der Anteil der Landwirtschaft am gesamten Energieverbrauch der Industrieländer ist eher klein, entsprechend dem bescheidenen Anteil der Landwirtschaft am Bruttosozialprodukt. Interessanter ist jedoch der Quotient der Anteile am BSP und am Energiekonsum, der als (relative) Energieproduktivität interpretiert werden kann. Dabei ist zu beachten, dass der Anteil der Landwirtschaft am BSP nicht nur die Produktionsmenge, sondern auch die Agrarpreise widerspiegelt. Verglichen mit den anderen aufgeführten Staaten hat die schweizerische Landwirtschaft eine hohe Energieproduktivität. Vielleicht der wichtigste Grund dafür ist das im internationalen Vergleich hohe schweizerische Agrarpreisniveau (hoher BSP-Anteil bezogen auf die physische Produktionsmenge). Dazu kommt ein hoher Anteil der Weide- und Alpwirtschaft, die im Vergleich zu andern Viehhaltungssystemen energieextensiv ist. Die Energieproduktivität der niederländischen Landwirtschaft ist im internationalen Vergleich tief. Dies dürfte auf den hohen, subventionierten Einsatz von Erdgas für die Produktion in beheizten Gewächshäusern zurückzuführen sein, der sich auch im hohen Anteil der Landwirtschaft am Gesamtenergieverbrauch niederschlägt.

0.3.2 Energierelevanz landwirtschaftlicher Produktionsfaktoren

In Tabelle 3 ist der landwirtschaftliche Energieverbrauch dreier Länder nach Produktionsmitteln aufgeschlüsselt.

Tabelle 3: Anteile der Produktionsmittel am landwirtschaftlichen Energieverbrauch

	Schweiz (1976)	BRD (1975)	GB (1968)
Maschinen	58%	60%	43%
Mineraldünger	32%	24%	25%
Futtermittel	-	9%	32%
Pflanzenschutzmittel	4%	-	-
Verschiedene	6%	7%	-
Total	100%	100%	100%

Quelle: Schweiz: Studer; ehemalige BRD: Weber; Grossbritannien: Leach.

Aus Tabelle 3 geht hervor, dass in europäischen Agrarproduktionssystemen die Maschinen rund die Hälfte des Gesamtenergieverbrauchs ausmachen. Diese Zahl umfasst die direkte Energie für den Betrieb als auch die indirekte Energie für die Herstellung der Maschinen. Das Verhältnis zwischen direkter und grauer Energie ist dabei in entwickelten Ländern nach Stout⁴ etwa 40:60. Aufgrund der fortschreitenden Mechanisierung dürfte sich der Energieanteil der Maschinen weiter erhöht haben. Ein Viertel bis ein Drittel der Energie entfällt auf Düngemittel. Davon wiederum entfällt ein grosser Teil auf den Stickstoffdünger, dessen Herstellung besonders energieintensiv ist (vgl. Tabelle 1). Der Energiekostenanteil an den Produktionskosten von Stickstoffdüngern liegt bei etwa 75%⁵. Pflanzenschutzmittel (Pestizide) machen trotz des hohen Energiegehaltes pro Kilogramm nur einen kleinen Anteil des Energieverbrauchs aus, da die Einsatzmengen im Vergleich zum Dünger klein sind. Unter Verschiedenes fallen die menschliche Arbeit und die Bewässerung, die in den westeuropäischen Agrarsystemen energetisch unbedeutend sind. Die unterschiedlichen Anteile der Futtermittel am landwirtschaftlichen Energieverbrauch dürften auf unterschiedliche Berechnungsarten zurückzuführen sein. Die landwirtschaftlichen Bauten sind oben nicht berücksichtigt. Sie würden nach Leach (in Grossbritannien) etwa 15% des totalen Energieaufwandes betragen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Dünger und Maschinen den Grossteil des landwirtschaftlichen Energieverbrauchs ausmachen. Unter den Düngern ist der Stickstoff aufgrund des hohen Energiekoeffizienten von besonderer Bedeutung.

In Entwicklungsländern ist wegen der niedrigen Löhne menschliche Arbeitskraft (und tierische Zugkraft) nur sehr begrenzt durch Maschinen substituiert worden. Pflanzennährstoffe sind jedoch knapp, ganz im Gegensatz zur menschlichen Arbeitskraft. Dünger kann aber nur begrenzt durch Arbeit substituiert werden und verlangt daher einen stärkeren Einsatz. Deshalb ist mehr als die Hälfte des landwirtschaftlichen Energieverbrauchs in Entwicklungsländern auf Mineraldünger zurückzuführen (vgl. Tabelle 4). Dazu kommt, dass in den 80er Jahren noch viele Entwicklungsländer Produktionsmittel wie Dünger und Pestizide subventionierten, eine Politik, die aufgrund der Strukturanpassungsprogramme in den letzten Jahren stark rückläufig ist.

Tabelle 4: Weltweiter Energieaufwand in der Landwirtschaft (1982)

	Entwickelte Länder	Entwicklungsländer
Maschinen	62%	25%
Mineraldünger	35%	69%
Bewässerung	1%	4%
Synthetische Pestizide	2%	2%
Total	100%	100%

Quelle: Faidley

Der Energieeinsatz für die Bewässerung ist im Vergleich zum totalen landwirtschaftlichen Energieverbrauch sehr klein, kann jedoch lokal je nach Bewässerungssystem eine ausserordentliche Bedeutung haben.

⁴ Stout B.A.; Handbook of energy for world agriculture, p75

⁵ Heinze, A.; S. 110, Wert für 1981

0.3.3 Bestimmungsfaktoren der Nachfrage

Die landwirtschaftliche Energienachfrage wird vor allem durch die Produktionsausrichtung und die Bewirtschaftungsintensität sowie den technischen Entwicklungsstand beeinflusst. Diese drei Grössen sind wiederum durch die Agrarpolitik und die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, ferner durch natürliche Gegebenheiten bestimmt. Der Einfluss des Energiepreises auf die Wahl der Produktionsverfahren war dabei in den entwickelten Ländern in den letzten Jahrzehnten gering, ganz einfach deshalb, weil Energie relativ zu andern Vorleistungen, namentlich Arbeit, günstig war. Auch die Entwicklung neuer Verfahren war bisher wenig energieorientiert. Es ist aber zu erwarten, dass bei hohen und steigenden Energiepreisen energiesparende Verfahren entwickelt und eingesetzt werden.

Die Energienachfrage reagiert je nach Produktionsmittel, an das sie gebunden ist, mehr oder weniger stark und mehr oder weniger rasch auf Preisveränderungen. Der Treibstoffeinsatz, zum Beispiel, ist in hohem Masse mit dem Traktoren- und Landmaschineninsatz korreliert. Daher führt eine Treibstoffverteuerung kurzfristig kaum zu einem Verbrauchsrückgang. Beim indirekten Energieeinsatz in Form von Düngemitteln ist eher eine kurzfristige Reaktion möglich und auch zu erwarten. Langfristig sind Energieeinsparungen durch eine Verlagerung und Extensivierung der Produktion möglich. Dies geschieht jedoch erst bei erheblichen Veränderungen der Preisverhältnisse, wie wir noch belegen werden. Dazu kommen Möglichkeiten der Energie(rück)gewinnung. Es bestehen also vier Typen von Anpassungsmöglichkeiten an eine Energieverknappung:

- Verringerung der energiereichen Inputs (z.B. weniger Stickstoffdünger)
- Faktorsubstitution (z.B. bessere Verteilung der Hofdünger, um Handelsdünger zu ersetzen, Herbizide und Minimalbodenbearbeitung statt mechanischer Unkrautbekämpfung)
- Verlagerung der Produktion (z.B. vermehrter Anbau von Leguminosen, mehr Viehhaltung in Betrieben mit hohem Anteil offener Ackerfläche)
- Energie(rück)gewinnung (Wärmetauscher für die Stallabluft, Holz für Heizzwecke, Sonnenkollektoren für die Heubelüftung, Biogas, eventuell Holzvergaser oder Ackerfrüchte zur Treibstoffgewinnung.)

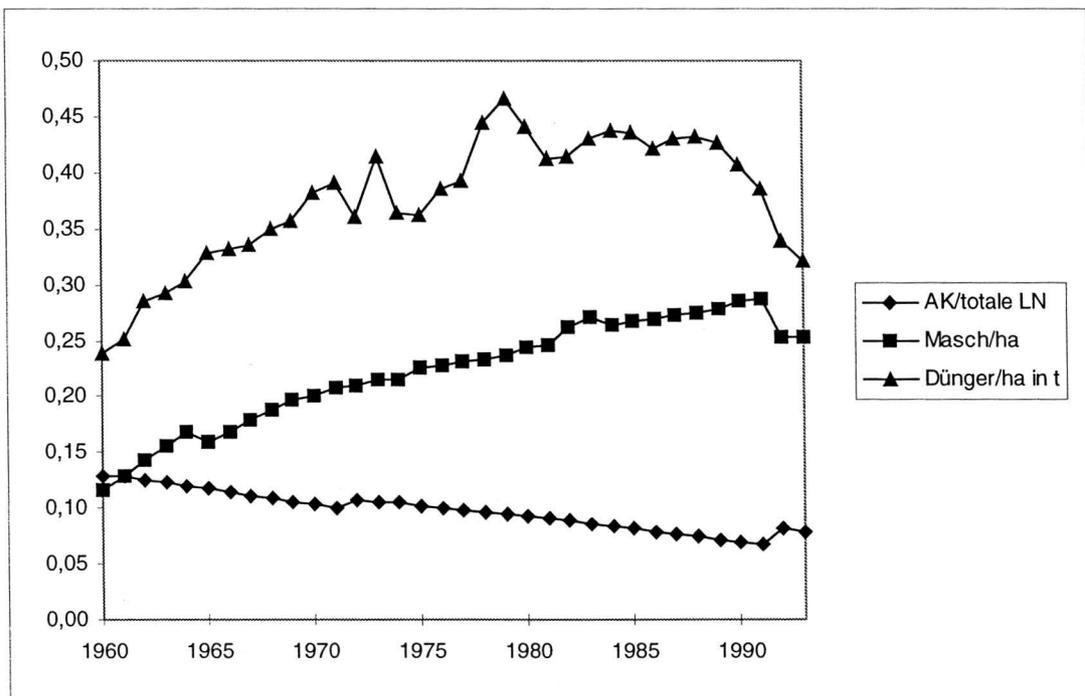
Agrarpolitische Massnahmen bestimmen wesentlich die Produkt-Faktor-Preisverhältnisse und die Faktorpreisstruktur. Diese beeinflussen die Wahl des Faktorbündels, wobei die kurzfristige Preiselastizität der Produktionsmittel wiederum sehr unterschiedlich sein kann. Langfristig bestimmen die Preisverhältnisse (einschliesslich Transfers) auch die Ausrichtung der landwirtschaftlichen Produktion sowie die Struktur des Sektors.

0.3.4 Verbrauchsentwicklung

Zwischen den Kriegen und Krisen war das 20. Jahrhundert von einer gesamtwirtschaftlichen Entwicklung gekennzeichnet, die steigende Reallöhne mit sich gebracht hat. Dies entspricht einer Verknappung des Faktors Arbeit im Vergleich zum Faktor Kapital. Zusammen mit dem technologischen Fortschritt führte dies zu Rationalisierungen, das heisst einer Verschiebung der Faktorstruktur zugunsten des Kapitals. Dies betraf alle Sektoren, wobei im Verlaufe der Entwicklung der steigende Anteil des Kapitals je nach Sektor und Branche teils mit einer (unterproportionalen) Zunahme der Beschäftigung (Industrialisierung, später Ausbau des Dienstleistungssektors), teils mit einem Rückgang der Beschäftigung verbunden war. Die sektorale Beschäftigungsentwicklung folgt dabei der jeweiligen Entwicklung der Arbeitsproduktivität, die im Kleinstaat Schweiz wiederum erheblich durch die Exportmöglichkeiten und internationale Konkurrenzfähigkeit bestimmt ist. Die Arbeitsproduktivität hat in der Landwirtschaft ähnlich stark zugenommen wie in den anderen beiden Sektoren. Der Agrarprotektionismus bremste aber den Strukturwandel.

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung des Einsatzes der energetisch bedeutendsten Produktionsfaktoren Maschinen und Mineraldünger sowie der menschlichen Arbeitskraft, die zu den Maschinen in einer engen Substitutionsbeziehung steht. Es ist deutlich erkennbar, wie die menschliche Arbeit zunehmend durch Kapital in Form von Maschinen und Dünger substituiert wurde. Dies führte zu einer Steigerung des Energieeinsatzes. Die Zunahme des Düngereinsatzes hängt auch mit dem biologisch-technischen Fortschritt beim Saatgut zusammen: Je höher das Ertragspotential der Kulturpflanzen, desto höher ist deren Nährstoffbedarf.

Abbildung 2: Arbeitskräfte-, Maschinen- und Düngereinsatz in der Schweiz 1960-1993



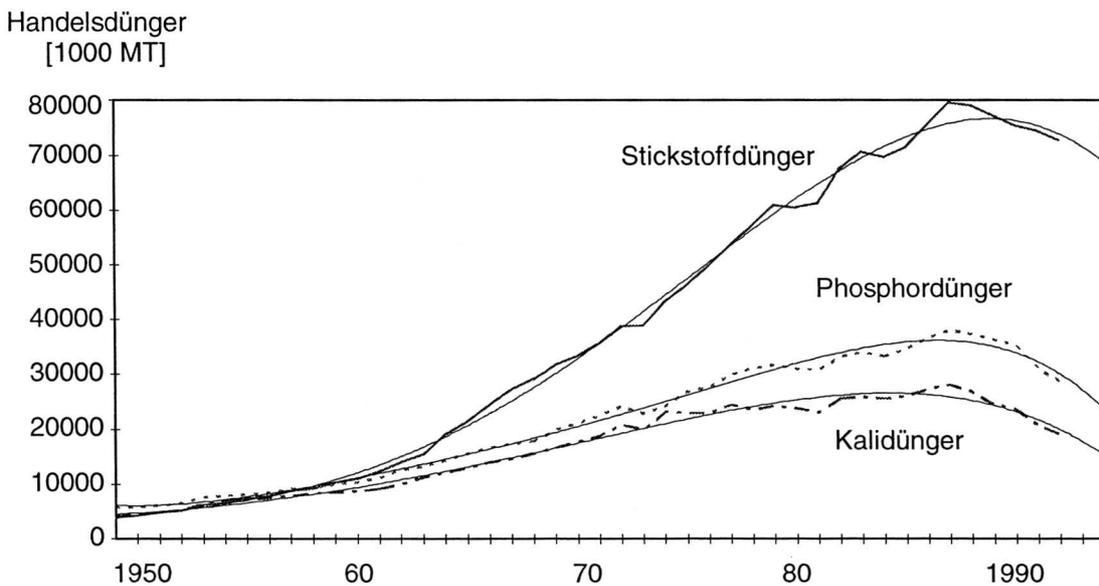
Quelle: FAO Production Yearbook, FAO Fertilizer Yearbook, verschiedene Jahrgänge

Die Abnahme der Anzahl Arbeitskräfte (AK) und die Zunahme der Maschinen verliefen kontinuierlich, während der Düngereinsatz fluktuierte. Dies ist ein Indiz dafür, dass der Düngereinsatz kurzfristig veränderten Preisverhältnissen angepasst werden kann, während die Arbeitsintensität und der Maschineneinsatz auf längerfristige Entwicklungen reagieren.

Die Zunahme der Anzahl Zugmaschinen hat sich seit Mitte der 80er Jahre verflacht. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass die Rationalisierung in zunehmendem Masse die Innenwirtschaft betraf, die in der Zahl der Zugmaschinen nicht zum Ausdruck kommt. Der Rückgang zuerst der realen und dann auch der nominalen Agrarpreise mag auch zu dieser Abflachung beigetragen haben.

Der Mineräldüngereinsatz ging in den letzten Jahren erheblich zurück. Aufgrund der Anstrengungen zur Handelsliberalisierung (z.B. GATT) und einer allgemeinen Neuorientierung der Agrarpolitik senkten die entwickelten Länder die meist gestützten Agrarpreise. Dies führte zu einer Extensivierung der Produktion, die mit rückläufigem Hilfsstoffeinsatz verbunden war. Ausserdem verschoben sich die landwirtschaftlichen Produktivitätsfortschritte von der Ertragsseite zunehmend zur Kostenseite. Der Rückgang des Düngereinsatzes in den Ländern des Nordens in den letzten zehn Jahren entspricht einer weltweiten Tendenz. Zur Illustration ist in Abbildung 3 der weltweite Düngerverbrauch zwischen 1950 und 1993 dargestellt.

Abbildung 3: Weltweiter Handelsdüngerverbrauch (1950-1993)



Quelle: FAO Fertilizer Yearbook, verschiedene Jahrgänge

Zu Beginn der 50er Jahre war der Verbrauch der drei wichtigsten Handelsdüngerklassen Stickstoff, Phosphor und Kali ungefähr gleich gross⁶. Er lag zusammen bei 13.7 Mio. Tonnen pro Jahr. Allein der Stickstoffverbrauch stieg bis 1988 um das Zwanzigfache auf 79.6 Millionen Tonnen an. Der Einsatz von Phosphor- und Kalidüngern versiebenfachte sich. Ab 1988 ist bei allen drei Klassen eine markante Abnahme zu beobachten. Für diese Entwicklung sind folgende Ursachen auszumachen:

⁶ 3.9 Mio t Stickstoff; 5.7 Mio t Phosphor; 4.1 Mio t Kali, 1950

chen: Die in den 50er und 60er Jahren erheblich ausgebaute internationale Agrarforschung lieferte Saatgut mit einem Ertragspotential, das einen verstärkten Einsatz von Mineraldüngern wirtschaftlich werden liess. Hohertragssaatgut, Dünger und Pflanzenschutzmittel, sowie in vielen Gebieten ein Ausbau der Bewässerung waren die biologisch-technischen Ecksteine der Grünen Revolution, die in den 60er und 70er Jahren ihren Höhepunkt erreichte. Der biologisch-technische Fortschritt war besonders in Ländern des Südens oft von einer Politik der Importsubstitution begleitet. Konkret wurden Produktionsmittel wie Dünger subventioniert, oft auch in staatlichen Betrieben hergestellt. Die Bevölkerungszunahme und die erfreuliche Einkommensentwicklung in einigen Ländern schliesslich führte dazu, dass nicht nur das Angebot an Agrargütern stieg, sondern auch die Nachfrage nach Nahrungsmitteln.

In den 80er Jahren verlangsamte sich jedoch die Ausbreitung und Neuzüchtung von Hohertragssorten, und die wirtschaftliche Entwicklung der Länder des Südens war vielerorts durch die Schuldenkrisen gedämpft. Im Rahmen von Strukturanpassungsprogrammen und Deregulierung wurden die Produktionsmittelsubventionen reduziert oder aufgehoben, auch in wichtigen Nahrungsmittel produzierenden Ländern. Ebenso wurde die Politik der Importsubstitution abgeschwächt, was dazu führte, dass Nahrungsmittel wieder vermehrt in Weltregionen produziert wurden, wo Boden nicht besonders knapp ist und deren Agrarsysteme daher eher extensiv sind.

Es ist jedoch abzusehen, dass diese Tendenz nicht lange andauern wird. Die rasante Bevölkerungsentwicklung wird sich noch Jahrzehnte lang fortsetzen und damit auch die Zunahme des Grundnahrungsmittelbedarfs. Die Einkommenssteigerungen in den bevölkerungsreichsten Ländern Asiens führen zu einer vermehrten Nachfrage nach hochwertigen pflanzlichen (Hülsenfrüchte, Früchte, Gemüse) und tierischen Nahrungsmitteln (Milch, Eier, Fleisch). Trotz der sich abzeichnenden Vergrösserung der Nachfrage, werden die Nahrungsmittelpreise mittelfristig stabil bleiben oder tendenziell sinken.⁷

⁷ IFPRI, Population and Food in the Early Twenty-First Century, 1995

1 Teil I: Energieeinsatz in verschiedenen Agrarsystemen

1.1 Indikatoren zur Beurteilung von verschiedenen Agrarsystemen

Zur Charakterisierung von Agrarsystemen bieten sich auf der nationalen Aggregationsebene die drei klassischen Produktionsfaktoren Arbeit, Boden und Kapital an. Der Produktionsfaktor Arbeit ist mit menschlicher Arbeit als Energieform verbunden, der Produktionsfaktor Boden mit der Sonnenenergie (sowie Pflanzennährstoffen und Energie zur Ernährung der Bodenlebewesen), und das Kapital mit den besonders interessierenden sekundären Energiearten.

Als Intensität wird das Mengenverhältnis zweier Produktionsfaktoren bezeichnet. Aufgrund der hervorragenden Bedeutung des Bodens in der Landwirtschaft ist es naheliegend, den Einsatz von Arbeit und Kapital in Bezug zur genutzten Fläche Boden zu setzen. Dies ergibt die Arbeitsintensität und die Kapitalintensität. Beim Kapital betrachten wir insbesondere die Maschinen (Zugmaschinen) und die Mineraldünger, da diese zusammen rund 80% des Sekundärenergieverbrauchs ausmachen (vgl. Tabelle 3) und da Daten über diese Produktionsmittel für verschiedene Länder in vergleichbarer Form erhältlich sind. Zur vergleichenden Charakterisierung der Agrarsysteme ziehen wir daher die in Tabelle 5 definierten Indikatoren heran:

Tabelle 5: Intensitätsgrade

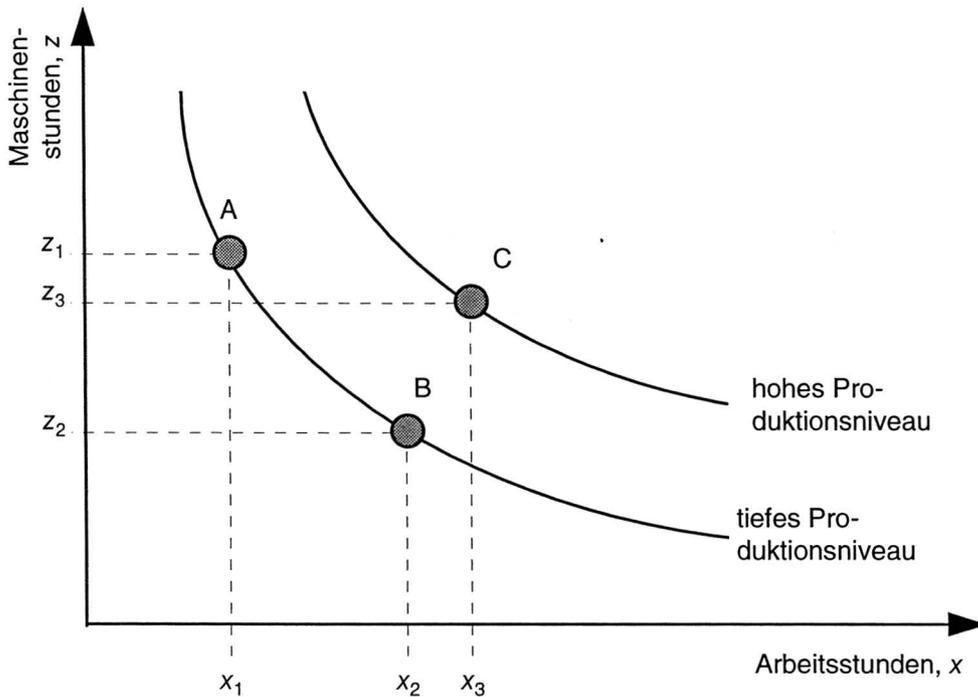
Indikator	Formel	Einheit
Arbeitsintensität	$\frac{\text{landwirtschaftliche Arbeitskräfte}}{\text{landwirtschaftliche Nutzfläche}}$	[AK / ha]
Maschinenintensität	$\frac{\text{Anzahl Zugmaschinen}}{\text{bebaubares Land}}$	[Anzahl Zugmaschinen / ha]
Düngerintensität	$\frac{\text{Handelsdüngereinsatz}}{\text{bebaubares Land}}$	[kg / ha]

Die hier definierten Maschinen- und die Düngerintensitäten beziehen sich auf das bebaubare Land. Dieses umfasst das Ackerland und die ständigen Kulturen wie Obstanlagen, Rebberge und Land unter Glas oder Plastik. Eine solche Definition erscheint sinnvoll, da weltweit Dünger und Zugmaschinen vorwiegend für den Ackerbau eingesetzt werden. Die Arbeit setzen wir in Bezug zur gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche. Darunter werden neben dem bebaubaren Land auch die Naturwiesen und Weiden verstanden.

Die *Intensität*, die das Verhältnis der totalen Mengen zweier Produktionsfaktoren angibt, muss klar unterschieden werden von der *Grenzrate der Substitution*, die misst, wieviel es von einem Produktionsfaktor x braucht, um eine marginale Reduktion des Produktionsfaktors z bei gleichbleibendem Produktionsniveau zu kompensieren. Abbildung 4 zeigt den Zusammenhang. In Punkt C wird mit relativ grossem Arbeits- und Maschineneinsatz (pro Flächeneinheit) produziert. Die Produktion ist arbeits- und maschinenintensiv. In Punkt A ist die Produktion maschinenintensiv aber arbeitsextensiv. In diesem Punkt substituiert ein zusätzlicher Maschineneinsatz jedoch nur noch wenig Arbeit: Die Grenzrate der Substitution von Arbeit durch Maschinen ist klein. Dies kommt durch die starke Neigung der Iso-Produktionskurve

zum Ausdruck. Im arbeitsintensiven aber maschinenextensiven Punkt B kann mit relativ kleinem zusätzlichem Maschineneinsatz noch erheblich Arbeit substituiert werden: Die Grenzrate der Substitution von Arbeit durch Maschinen ist gross.

Abbildung 4: Faktorintensität und Grenzrate der Substitution



1.2 Ländervergleich

Stellvertretend für die weltweiten Agrarsysteme werden folgende zehn Staaten betrachtet: Schweiz, Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Niederlande, USA, Argentinien, UdSSR, Japan und Neuseeland. Wir definieren für jeden Indikator drei Intensitätsstufen, um die Unterschiede hervorzuheben (Tabelle 6). Tabelle 7 gibt die Durchschnitte der 80er und 90er Jahre an.

Tabelle 6: Definition der Intensitätsstufen

Intensität	Arbeitsintensität	Maschinenintensität	Düngerintensität
Einheit	[AK/ha]	[Zugmaschinen/ha]	[kg/ha]
extensiv	< 0.05	< 0.05	< 150
mittel	0.05 - 0.5	0.05 - 0.15	150 - 400
intensiv	> 0.5	> 0.15	> 400

Tabelle 7: Intensitätsstufen in verschiedenen Ländern

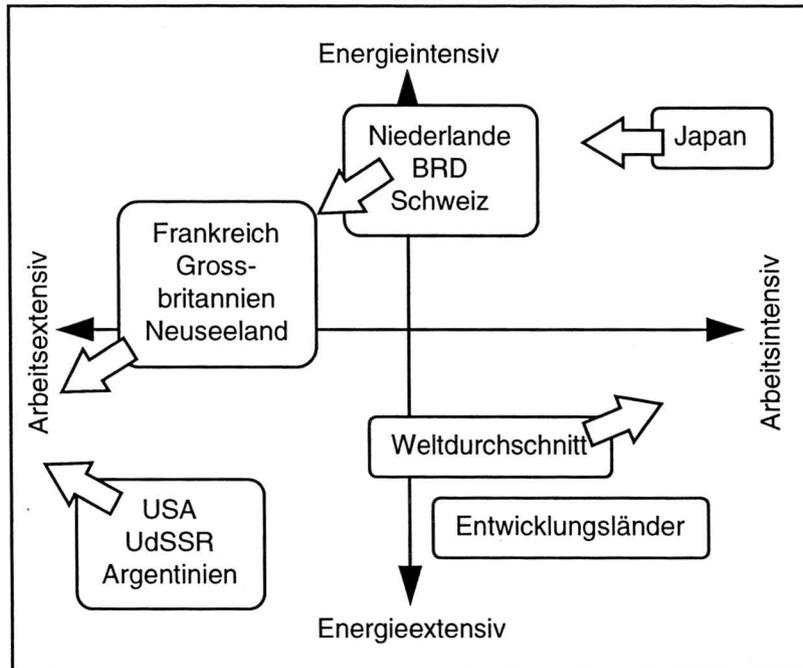
Region / Land	Jahre	Arbeitsintensität [AK/ha]	Maschinenintensität [Zugmaschinen/ha]	Düngerintensität [kg/ha]
Welt	80-89	0,218	0,019	88
	90-93	0,229	0,021	90
Schweiz	80-89	0,083	0,264	428
	90-93	0,074	0,269	363
BRD	80-90	0,097	0,216	411
Niederlande	80-89	0,132	0,221	757
	90-93	0,109	0,203	591
Frankreich	80-89	0,053	0,087	303
	90-93	0,042	0,084	265
Grossbritannien	80-89	0,035	0,083	352
	90-93	0,031	0,085	332
Neuseeland	80-89	0,009	0,035	168
	90-93	0,008	0,031	192
USA	80-89	0,008	0,028	98
	90-93	0,006	0,029	102
Argentinien	80-89	0,007	0,010	6
	90-93	0,007	0,010	9
UdSSR	80-89	0,042	0,015	101
	90-91	0,033	0,014	90
Japan	80-89	1,080	0,650	472
	90-93	0,793	0,788	442

Legende intensiv mittel extensiv

Quelle: FAO, Yearbook Production und Yearbook Fertilizer; mehrere Jahrgänge

Die in Tabelle 7 dargestellten Agrarsysteme können grob in fünf Gruppen eingeteilt werden. (1) Länder mit intensivem Maschinen- und Düngereinsatz bei mittlerer Arbeitsintensität umfassen die Schweiz, die BRD und die Niederlande. (2) Frankreich, Grossbritannien und Neuseeland weisen mittlere Maschinen- und Düngerintensitäten auf, bei extensivem Arbeitseinsatz. (3) Die Agrarsysteme der USA, der ehemaligen UdSSR und Argentinien sind sehr extensiv, sowohl bezüglich der Arbeit als auch der Maschinen und Dünger. (4) Die Landwirtschaft Japans ist arbeitsintensiv, bei sehr intensivem Einsatz energiereicher Faktoren. (5) Der Weltdurchschnitt, der stark von den Entwicklungsländern geprägt ist, weist eine mittlere Arbeitsintensität und einen extensiven Einsatz von Maschinen und Düngern auf. Diese fünf Gruppen sind in Abbildung 5 dargestellt. Die Pfeile geben die jeweiligen Trends der letzten 15 Jahre an.

Abbildung 5: Typisierung von Agrarsystemen bezüglich Arbeits- und Energieintensität



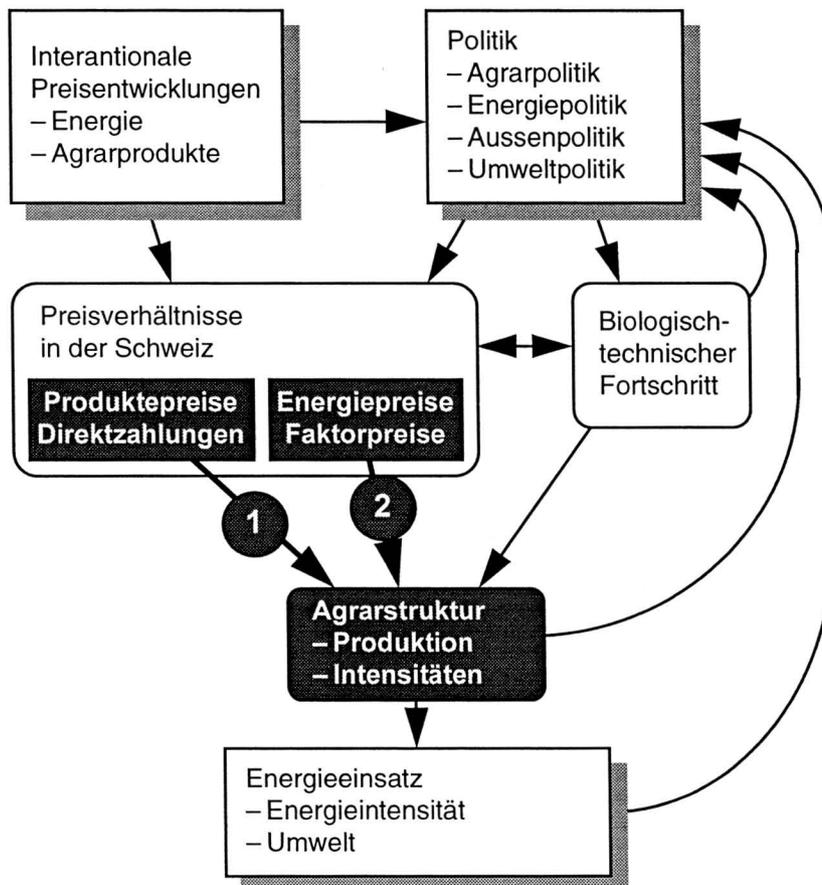
Die Länder des Nordens weisen alle eine abnehmende landwirtschaftliche Arbeitsintensität auf, in der der Strukturwandel zum Ausdruck kommt. Länder, die traditionell eine protektionistische Agrarpolitik betrieben (Japan, BRD, Schweiz, Frankreich), weisen eine hohe Energieintensität auf, die jedoch aufgrund der Liberalisierungen rückläufig ist. Setzt sich der Trend fort, bewegen sich die Länder des Nordens auf den gleichen Punkt zu: eine arbeitsextensive Landwirtschaft mittlerer Energieintensität.

Langfristig können bei Veränderungen der Nahrungsmittel-, aber auch der Energiepreise Abweichungen von diesem Trend erwartet werden.

2 Teil II: Struktur- und Energieszenarien für die schweizerische Landwirtschaft

Die in den einleitenden Bemerkungen und im Teil I beschriebenen Bestimmungsfaktoren des landwirtschaftlichen Energieeinsatzes sind für die Schweiz in Abbildung 6 zusammengefasst. Internationale Entwicklungen und schweizerische Agrarpolitik bestimmen im wesentlichen die für die schweizerische Landwirtschaft relevanten Preisverhältnisse, die ihrerseits die Agrarproduktion, die Produktionsweise, die Faktornachfrage und damit den landwirtschaftlichen Energieeinsatz und seine Zusammensetzung beeinflussen. Ferner wirkt sich der biologisch-technische Fortschritt auf die Produktionsweise aus. Es bestehen verschiedene Rückkoppelungen, namentlich über die politische Willensbildung.

Abbildung 6: Bestimmungsfaktoren der Agrarstruktur und des landwirtschaftlichen Energieeinsatzes



Es geht im Folgenden darum, diese Zusammenhänge zu gewichten, teilweise zu quantifizieren, und weitere Interdependenzen aufzuzeigen. Dabei unterscheiden wir grundsätzlich zwischen dem Einfluss der Agrarpolitik als Ganzem, die insbesondere über die Produktepreise und Direktzahlungen wirkt (Pfeil ①) und jenem der Energiepreise (Pfeil ②).

Dazu definieren wir zunächst drei mögliche und/oder hypothetische Agrarstrukturentwicklungen und modellieren deren Auswirkungen unabhängig von der Energiepolitik und den Energiepreisen: Agrarpolitik 2002; Annäherung an EU-Preise; Annäherung an Weltmarktpreise. Diese Entwicklungen werden dann vier Energieszenarien gegenübergestellt. Daraus ergibt sich eine Matrix von 12 zu diskutierenden Fällen.

Tabelle 8: Kombinationen von Agrarstrukturentwicklungen und Energieszenarien

	AP 2002	EU-GAP	Weltmarkt
Energieszenario A	1	2	3
Energieszenario B	4	5	6
Energieszenario C	7	8	9
Energieszenario D	10	11	12

Ferner unterscheiden wir zwischen einer auf IP (integrierter Produktion) basierenden Landwirtschaft und einer Agrarpolitik, die den biologischen Landbau für alle Betriebe vorschreibt.

Wir treten nun zuerst auf das Agrarstrukturmodell und die drei Entwicklungen ein (Abschnitte 2.1 und 2.2). Anschliessend definieren wir die verschiedenen Energieszenarien und diskutieren deren Auswirkungen unter den drei Agrarstrukturentwicklungen (Abschnitt 2.3).

2.1 Agrarstrukturmodell

2.1.1 Methode

Das verwendete Simulationsmodell wurde am Institut für Agrarwirtschaft entwickelt⁸. Es kann der Systemanalyse zugeordnet werden. Mittels logischer Verknüpfungen von mathematischen Fortschreibungsgleichungen wird die Entwicklung der Landwirtschaftsstruktur abgebildet. Variablen eines bestimmten Jahres (t) werden aus den Vorjahreswerten (t-1) hergeleitet.

2.1.2 Modellannahmen

2.1.2.1 Definition der möglichen und/oder hypothetischen Agrarstrukturentwicklungen

Der betrachtete Zeitraum umfasst 15 Jahre (1995 bis 2010). Die Modellresultate bestehen im wesentlichen in der hypothetischen Agrarstruktur im Jahre 2010. Bei den drei Entwicklungen wird von folgenden Annahmen ausgegangen.

⁸ Rieder P., Rösti A., Jörin R.: Simulationsmodell zur Darstellung der Entwicklung des schweizerischen Agrarsektors, 1995

- *Agrarpolitik 2002*: Die Agrarpolitik 2002 ist GATT-konform und kann als Ökologische Wettbewerbslandwirtschaft bezeichnet werden. Die Preisdifferenzen der Produzentenpreise zwischen der Schweiz und der EU werden bis zum Jahre 2010 halbiert. Die Agrarpolitik 2002 entspricht der heute absehbaren Entwicklung und stellt somit die Referenzentwicklung dar.
- *EU-Preise*: Die Schweiz übernimmt die gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU. Die heute bestehenden Agrarpreisdifferenzen zur EU werden bis zum Jahr 2010 kontinuierlich auf null abgebaut.
- *Weltmarktpreise*: Die Agrarpreisdifferenzen zwischen der Schweiz und dem Weltmarkt werden bis zum Jahr 2010 kontinuierlich auf null abgebaut.

2.1.2.2 Preise

Für die Agrarstrukturentwicklungen AP 2002 und EU-Preise konnten die Preisangaben aus der obengenannten Studie übernommen werden. Die Preise für das Weltmarktszenario stammen aus verschiedenen Quellen. Die angenommenen Weltmarktpreise sind teilweise mit den EU-Preisen identisch. Dies ist bei folgenden Produkten der Fall: Milch, Kalbfleisch, Kartoffeln, Ölf Früchte, Gemüse, Wein und Obst. Der Preis für neuseeländisches Milchpulver liegt tiefer als der EU-Milchpreis. Frischmilch wird aber aus Kostengründen nicht weltweit gehandelt und aus Milchpulver und -fett rekonstituierte Milch kommt für den schweizerischen Markt nicht in wesentlichen Mengen in Frage. Deshalb ist der EU-Milchpreis auch bei Weltmarktbedingungen relevant. Die angenommenen Weltmarktpreise für Rind-, Kuh- und Schweinefleisch sowie der Preis für Brot- und Futtergetreide sind Durchschnittspreise der Börse Chicago zwischen August 1994 und September 1996. Die Preise für Geflügel, Eier und Zuckerrüben stammen aus dem GATT-Bericht 1994. Die Preisannahmen sind in Tabelle 9 angegeben.

Tabelle 9: Angenommene Preisverhältnisse 1995

	Referenzpreis 1995	AP 2002	EU-Preise	Weltmarkt
Milchpreis	100%	72%	49%	49%
Rindfleisch (Kalb, Rind und Kühe)	100%	86%	61%	48%
Schweinefleisch	100%	93%	56%	32%
Brotgetreide	100%	50%	24%	19%
Gewichteter Durchschnitt	100%	78%	52%	45%

Bei der Agrarpolitik 2002 werden in 15 Jahren im Durchschnitt noch rund 80% des Ausgangspreises von 1995 erreicht. Das EU-Preisniveau liegt bei der Hälfte der Ausgangspreise. Bei der Agrarstrukturentwicklung Weltmarktpreis gehen die Preise um mehr als die Hälfte zurück. Die Preisdifferenzen sind beim Brotgetreide am grössten, bei der Milch und beim Rindfleisch am kleinsten. Generell sind die EU-Preise nur geringfügig höher als die Weltmarktpreise. (Sämtliche Preise sind als reale Preise zu verstehen.)

2.1.2.3 Direktzahlungen

Die Agrarpolitik 2002 sieht vor, die Direktzahlungen bis zum Jahre 2002 um jährlich 181 Millionen Fr. zu erhöhen und danach zu plafonieren. Die Direktzahlungen nach 2002 betragen damit jährlich 1267 Millionen Fr. mehr als 1995 (7 x 181 Mio.). Die Direktzahlungen werden zwischen den einzelnen Entwicklungen nicht variiert.

2.1.2.4 Solleinkommen

Es wird angenommen, dass sich die Einkommen in den übrigen Wirtschaftszweigen pro Jahr um 1% erhöhen. Soll die Einkommensdifferenz zwischen der Landwirtschaft und den anderen Wirtschaftszweigen stabil bleiben, müssten die landwirtschaftlichen Familieneinkommen bis zum Jahr 2010 also auf 116% des Ausgangswertes steigen. (Dies wird natürlich nicht bei allen drei Entwicklungen erreicht.)

2.1.2.5 Strukturwandel

Wir gehen zuerst von einem Strukturwandel (Rückgang der landwirtschaftlichen Beschäftigung) von 3% in der Talzone und der Voralpinen Hügelzone sowie 1% in den Bergzonen aus. Diese Zahlen entsprechen ungefähr der Entwicklung in der ersten Hälfte der 90er Jahre.

Der Strukturwandel ist aber grundsätzlich eine endogene Grösse, das heisst, er ist bestimmt durch zu modellierende Variablen, namentlich den Differenzen der Arbeits-einkommen zwischen der Landwirtschaft und bestimmten übrigen Sektoren und Branchen. Resultiert das Modell bei einem angenommenen Strukturwandel in einem landwirtschaftlichen Einkommen, das erheblich unter dem "Solleinkommen" liegt, würde sich der Strukturwandel über den angenommenen Wert hinaus verstärken. Dies ist der Fall bei den Agrarstrukturentwicklungen EU-Preis und Weltmarktpreis. Daher passen wir in einem zweiten Schritt den Strukturwandel so an, dass auch bei diesen Szenarien das Solleinkommen erreicht würde.

2.1.2.6 IP und Bio-Varianten

Grundsätzlich gehen wir davon aus, dass in den beobachteten 15 Jahren IP zur Standardproduktionsmethode wird. Mit Ausnahme der heutigen Bio-Betriebe würden alle Betriebe nach dieser Annahme im Jahre 2010 nach den IP-Richtlinien produzieren. Daneben wurde auch eine "reine" Bio-Variante gerechnet. Dazu nehmen wir an, dass alle Betriebe bis zum Jahr 2010 auf die Biologische Produktion umstellen müssen.

Der Einfachheit halber wird angenommen, dass sich Bio- und IP-Betriebe nur im Einsatz von Handelsdüngern und Pestiziden (kein solcher Hilfsstoffeinsatz in Biobetrieben) sowie Arbeit unterscheiden. Wir nehmen an, dass die Bio-Betriebe der Talzone und der Voralpinen Hügelzone einen gegenüber den IP-Betrieben um 20%, jene der Bergzonen einen um 10% erhöhten Arbeitsbedarf haben. Diese Unterscheidung ist sinnvoll, da in den Bergzonen die Viehwirtschaft dominiert, die relativ einfach auf Bio umgestellt werden kann. Bei einer vollständigen Umstellung auf Bio

wäre aufgrund des grossen Angebotes an Bio-Produkten kein Agrarpreisdifferential gegenüber IP-Produktion mehr zu realisieren. Wir gehen daher für die IP- und Bio-Varianten von den gleichen Preisen aus. Die Direktzahlungen werden auch nicht variiert. Wir nehmen ferner an, dass die Umstellung von IP auf Bio schrittweise in den betrachteten 15 Jahren stattfindet.

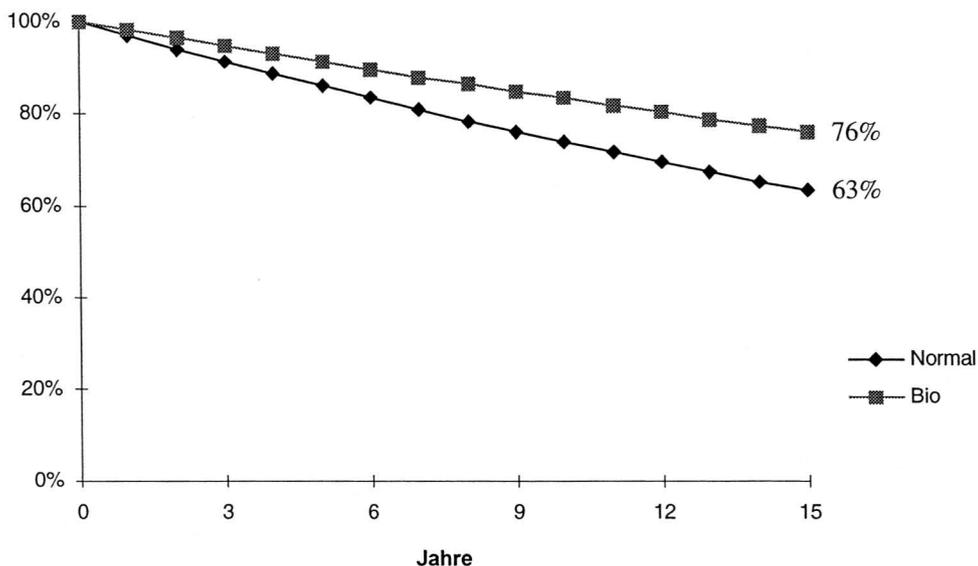
Die Unterschiede bezüglich Dünger- und Pestizideinsatz sind relevant für den Energieeinsatz, kaum jedoch für die Agrarstrukturentwicklung. Der erhöhte Arbeitsaufwand schlägt sich jedoch in der landwirtschaftlichen Beschäftigung nieder. Damit verläuft der Strukturwandel bei einer Umstellung auf Biologische Produktion langsamer als bei IP. Damit am Ende der Betrachtungsperiode die Beschäftigung 20% bzw. 10% höher ist, muss der Strukturwandel angepasst werden, wie in Tabelle 10 angegeben.

Tabelle 10: Angenommener Strukturwandel in den Varianten IP und Bio

	Strukturwandel (Abnahme der landwirtschaftlichen Beschäftigung)	
	Integrierte Produktion	Biologische Produktion
Talzone, Voralpine Hügelzone	-3,0 %	-1,81 %
Bergzonen	-1,0 %	-0,37 %

In Abbildung 7 sind die Beschäftigungsentwicklungen bei IP und Bio in der Tal- und Voralpinen Hügelzone dargestellt (bei angenommenem Strukturwandel). Pro Jahr scheiden bei der Variante IP 3,0% und bei der Variante Bio 1,81% der Beschäftigten aus der Landwirtschaft aus. Bis zum Ende der Betrachtungsperiode beträgt die landwirtschaftliche Beschäftigung 63% des Ausgangswertes bei der Variante IP und 76% bei der Variante Bio.

Abbildung 7: Entwicklung der Beschäftigungszahl für die Talzone und Voralpine Hügelzone



Wie gesagt wird bei den Entwicklungen "EU-Preis" und "Weltmarktpreis" der Strukturwandel in einem zweiten Schritt erhöht, um das Solleinkommen zu erreichen. Dies gilt auch für die Variante Bio. Dabei wird der Strukturwandel immer so angepasst, dass sich die Beschäftigung zwischen den beiden Varianten um 20% bzw. 10% unterscheidet.

2.1.3 Modellresultate

Das Modell berechnet folgende Grössen: Das Landwirtschaftliche Durchschnittseinkommen pro Betrieb, die Landwirtschaftliche Nutzfläche pro Betrieb und die Anzahl Arbeitskräfte pro ha für die gesamte Schweizer Landwirtschaft. Ferner ist von Interesse, inwieweit der Strukturwandel angepasst werden müsste, damit das Solleinkommen erreicht wird.

Die Anzahl der Arbeitskräfte pro Hektar ist aufgrund der Annahmen direkt proportional zur Anzahl der Betriebe. Die Betriebsgrösse hängt allerdings nicht nur vom Strukturwandel, sondern auch von den Veränderungen der landwirtschaftlichen Nutzfläche ab. Letztere reagiert auf die Rohertragsentwicklungen der einzelnen Kulturen. Je tiefer der Rohertrag, desto schneller sinkt die Anbaufläche. Das heisst, bei tiefem Rohertrag erfolgt eine teilweise Flächenstilllegung. In der Agrarstrukturentwicklung AP 2002 ist der Rückgang der landwirtschaftlichen Nutzfläche bedeutend kleiner als bei Weltmarkt- und EU-preisen. Aus diesem Grunde sind die Betriebsflächen und die Arbeitskräfte pro ha beim selben Strukturwandel in den drei Agrarstrukturentwicklungen unterschiedlich.

2.2 Agrarstrukturentwicklungen: Resultate

2.2.1 Agrarpolitik 2002

	AP 2002	EU-GAP	Weltmarkt
Energieszenario A	1	2	3
Energieszenario B	4	5	6
Energieszenario C	7	8	9
Energieszenario D	10	11	12

Bei einem angenommenen Strukturwandel von -3% bzw. -1% und dem Abbau der halben Preisdifferenz zur EU, werden die Landwirte im Jahre 2010 mit 157% des Ausgangswertes ein deutlich höheres Einkommen erreichen (vgl. Tabelle 11). Die Direktzahlungen (vor allem nach Artikel 31b) überkompensieren den Rückgang der Produktpreise. Aufgrund des Einkommenszuwachses ist es unwahrscheinlich, dass (netto) überhaupt Landwirte aus der Landwirtschaft aussteigen. Der Strukturwandel wird durch die Direktzahlungen gebremst. Unter diesen Einkommensbedingungen ist der zu erwartenden Strukturwandel bedeutend kleiner, als der im Modell angenommenen⁹.

⁹ Das Resultat stellt hier die Szenarienannahme in Frage. Solche Schwächen können bei Szenarienrechnungen nicht ausgeschlossen werden.

Tabelle 11: AP 2002 und Fortsetzung des Trends beim Strukturwandel

	1995	2010	
		IP	Bio
Strukturwandel Talzone, Voralpine HZ		-3%	-1,81%
Strukturwandel Bergzonen		-1%	-0,37%
Einkommen [%]	100	157	132
Solleinkommen [%]	100	116	116
Betriebsgrösse [ha]	16,1	21,2	18,4
Arbeitskräfte / ha	0,099	0,075	0,087

In der Variante IP steigt die durchschnittliche Fläche pro Betrieb um knapp 5 ha oder 38%. Die Variante Bio weist ein deutlich kleineres Einkommen und eine kleinere Struktur auf. Während die Betriebsgrösse der Biobetriebe 87% der IP-Betriebe erreicht, beträgt das erzielte Einkommen nur 84%. Die Arbeitsproduktivität pro Flächeneinheit ist aufgrund des erhöhten Arbeitseinsatzes kleiner. Die Beschäftigung verteilt sich zu gleichen Teilen auf die Bergzonen sowie die Tal- und Hügelzonen. Daher werden pro Hektare bei den Bio-Betrieben im Durchschnitt rund 15% mehr Arbeitskräfte eingesetzt. Insgesamt weisen die Biobetriebe in der Agrarstrukturentwicklung AP 2002 eine etwas schlechtere wirtschaftliche Situation auf als die IP-Betriebe, weil die Kosten für die Arbeit deutlich höher sind.

2.2.2 EU-GAP

	AP 2002	EU-GAP	Weltmarkt
Energieszenario A	1	2	3
Energieszenario B	4	5	6
Energieszenario C	7	8	9
Energieszenario D	10	11	12

Mit dem vorgegebenen Strukturwandel würde unter EU-Preisen das Einkommen trotz Direktzahlungen drastisch auf 43% des heutigen Wertes zurückgehen (vgl. Tabelle 12).

Tabelle 12: EU-Preise und Fortsetzung des Trends beim Strukturwandel

	1995	2010	
		IP	Bio
Strukturwandel Talzone, Voralpine HZ		-3%	-1,81%
Strukturwandel Bergzonen		-1%	-0,37%
Einkommen [%]	100	43	33
Solleinkommen [%]	100	116	116
Betriebsgrösse [ha]	16,14	20,8	18,1
Arbeitskräfte / ha	0,099	0,077	0,088

Bei gegebenem Umfang der Transfers könnte das Solleinkommen nur bei drastischem Strukturwandel erreicht werden. In der Tabelle 13 ist der Strukturwandel so angepasst, dass bei EU-Preisen das Solleinkommen erreicht wird. Für das Talgebiet bedeutet das einen Rückgang von 7% der Betriebe pro Jahr. Im Berggebiet ist der Strukturwandel mit -5% etwas kleiner. Die strukturelle Veränderung würde während den beobachteten 15 Jahre ein Verschwinden von 60% der Betriebe in der IP und 54% bei der Bio-Variante bedeuten.

Tabelle 13: EU-Preise und Erreichung des Solleinkommens

	1995	2010	
		IP	Bio
Strukturwandel Talzone, Voralpine HZ		-7%	-5,86%
Strukturwandel Bergzonen		-5%	-4,39%
Einkommen [%]	100	115	89
Solleinkommen [%]	100	116	116
Betriebsgrösse [ha]	16,1	38,9	33,9
Arbeitskräfte / ha	0,099	0,041	0,047

Ein derart beschleunigter Strukturwandel ist allerdings unrealistisch, da er nicht mehr vorwiegend beim Generationenwechsel vollzogen werden könnte. Die Bauern würden daher teilweise aus der Landwirtschaft aussteigen, teilweise aber auch mit wesentlich kleineren Einkommen weiter wirtschaften. In jedem Fall ist aber der Strukturwandel stärker als im Referenzszenario. Dementsprechend resultieren wesentlich grössere Betriebe. Die Arbeitsintensität wird mit unter 0,05 AK/ha extensiv auf der in Teil I definierten Stufenskala.

2.2.3 Weltmarktpreise

	AP 2002	EU-GAP	Weltmarkt
Energieszenario A	1	2	3
Energieszenario B	4	5	6
Energieszenario C	7	8	9
Energieszenario D	10	11	12

Bei der Agrarstrukturentwicklung "Weltmarktpreis" und dem angenommenen Strukturwandel von -3% bzw. -1% beträgt das landwirtschaftliche Einkommen im Jahr 15 17% in der IP- und 11% in der Bio-Variante (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14: Weltmarktpreis und Fortsetzung des Trends beim Strukturwandel

	1995	2010	
		IP	Bio
Strukturwandel Talzone, Voralpine HZ		-3%	-1,81%
Strukturwandel Bergzonen		-1%	-0,37%
Einkommen [%]	100	17	11
Solleinkommen [%]	100	116	116
Betriebsgrösse [ha]	16,1	20,6	17,9
Arbeitskräfte / ha	0,099	0,078	0,089

Wie bei der Agrarstrukturentwicklung EU-Preis wird auch bei den Weltmarktpreisen der Strukturwandel angepasst (Tabelle 15). Um das Solleinkommen in der IP-Variante zu erreichen, beträgt der Strukturwandel 9% im Tal- und 6% im Berggebiet. Die strukturelle Veränderung würde ein Verschwinden von 68% der Betriebe in der IP und 63% bei der Bio-Variante bewirken.

Tabelle 15: Weltmarktpreis und Erreichung des Solleinkommens

	1995	2010	
		IP	Bio
Strukturwandel Talzone, Voralpine HZ		-9%	-7,88%
Strukturwandel Bergzonen		-6%	-5,40%
Einkommen [%]	100	117	85
Solleinkommen [%]	100	116	116
Betriebsgrösse [ha]	16,1	48,8	42,6
Arbeitskräfte / ha	0,099	0,033	0,038

Die durchschnittliche Betriebsfläche beträgt 49 ha, was gegenüber der EU-Preis-Entwicklung eine Zunahme von 10 ha bedeutet. Die Biobetriebe sind etwas kleiner als die IP-Betriebe. Sie erreichen 76% des IP-Betriebseinkommens.

2.3 Energieszenarien

2.3.1 Definition der Energieszenarien

Um die Interdependenzen der Agrarstrukturentwicklung und der Energiepolitik, -märkte und -preise aufzuzeigen, definieren wir folgende vier Energieszenarien.

- A) Weiterhin relativ tiefe Energiepreise, ohne energiepolitische Massnahmen
- B) Erhebliche Verteuerung der Energie, Entwicklung und Einsatz neuer Energietechniken teilweise im Rahmen ihrer Wirtschaftlichkeit, teilweise aufgrund staatlicher Förderungsprogramme
- C) Subvention des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz
- D) Umweltsteuern auf Energieträgern

Für jeden Fall könnten wir eine Betrachtung für die Integrierte als auch für die Biologische Produktion anstellen. Der Unterschied dieser zwei Produktionsmethoden bezüglich der Energieintensität liegt stets im wesentlichen darin, dass im Biolandbau keine Kunstdünger eingesetzt werden. Deshalb gehen wir nicht überall auf die Unterschiede zwischen den beiden Varianten ein.

2.3.2 Energieszenario A: Weiterhin tiefe Energiepreise

	AP 2002	EU-GAP	Weltmarkt
Energieszenario A	1	2	3
Energieszenario B	4	5	6
Energieszenario C	7	8	9
Energieszenario D	10	11	12

Das Energieszenario A entspricht im wesentlichen der heutigen energiepolitischen Situation: Die Energiepreise sind tief, energiesparende Produktionstechniken werden nur in bescheidenem Ausmass gefördert und eingesetzt. Nachwachsende Energieträger werden nicht gefördert. Auf den Treibstoffen werden zwar Abgaben erhoben, doch sind diese nicht umweltpolitisch motiviert. Diese Vorgaben sind in Tabelle 16 zusammengefasst.

Tabelle 16: Energieszenario A

Energiepreis	tief
Förderung neuer Energietechniken	keine
Subventionierung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz	keine
Umweltsteuern	keine

2.3.2.1 Agrarpolitik 2002: **Fall 1**

Bei weiterhin tiefen Energiepreisen hat die Entwicklung "AP 2002" zwar einen erheblichen Strukturwandel zur Folge, doch ist dieser zu gering, um die Produktionsweise und damit die Energieintensität markant zu beeinflussen. Die folgenden energierelevanten Entwicklungen sind abzusehen, aber für den gesamtlandwirtschaftlichen Energieeinsatz wohl nicht allzu bedeutend:

Die Direktzahlungen machen einen zunehmenden Anteil des landwirtschaftlichen Einkommens aus. Gleichzeitig sinken die Produktpreise. Dies bedeutet, dass die landwirtschaftliche Produktion etwas energieextensiver werden dürfte. Gleichzeitig verlangt der Strukturwandel jedoch nach einer weitergehenden Rationalisierung. Diese dürfte insbesondere die Innenwirtschaft betreffen. Die gute Einkommenslage erlaubt es den Bauern, die Gebäude zu sanieren und den vergrößerten Betriebsflächen anzupassen. In der Aussenwirtschaft ist es durchaus möglich, dass der (arbeitstechnische) Zwang zur Rationalisierung dazu führt, dass die arbeitsintensive gezielte Ausbringung von Hofdüngern teilweise durch Handelsdünger substituiert wird. Insgesamt dürfte der Düngereinsatz jedoch etwas zurückgehen, bei einer Zunahme des Energieeinsatzes über Maschinen und Gebäude.

In der Bio-Variante ist der Energieeinsatz wegen des Handelsdüngerverbotes wesentlich geringer. Allerdings ist zu beachten, dass im Pflanzenschutz teilweise vermehrt Maschinen eingesetzt werden müssen. Rein pflanzenbauliche Biobetriebe sind zwar technisch möglich, aber wohl in vielen Fällen nicht wirtschaftlich. Der gesamtlandwirtschaftliche Energieeinsatz würde daher unter anderem davon abhängen, inwieweit heute auf Pflanzenbau spezialisierte Betriebe die Nutztierhaltung aufnehmen oder Hofdünger zuführen würden und könnten. Ersteres würde neue Gebäude und eine Innenmechanisierung erfordern, letzteres einen erhöhten Energieeinsatz für den Hofdüngertransport. Insgesamt dürfte die biologische Produktion daher energieextensiver sein als die IP-Produktion, jedoch nicht in dem Ausmass als es die Reduktion des Handelsdüngereinsatzes erwarten liesse.

2.3.2.2 EU-Preise: **Fall 2**

Nach der Anpassung an die EU-Preisverhältnisse (und verstärktem Strukturwandel) wäre die schweizerische Landwirtschaft sowohl bezüglich der Arbeitsintensität als auch der Preisverhältnisse mit der heutigen französischen Landwirtschaft vergleichbar. Die heutige Maschinenintensität der französischen Landwirtschaft beträgt etwa ein Drittel jener der Schweiz. Die Düngerintensität liegt rund 100 kg pro ha oder ein Viertel tiefer. Aus dieser Analogie kann abgeleitet werden, dass der Einsatz dieser Faktoren in der Schweiz erheblich zurückginge. Wie erwähnt, könnte der

Pflanzenbau relativ rasch extensiviert werden. Der Maschineneinsatz reagiert jedoch langsamer. Dies auch deshalb, weil bei verstärktem Strukturwandel und beschleunigter Rationalisierung Occasionslandmaschinen sehr günstig würden. Insgesamt würde sich aber die Energieintensität besonders im Talgebiet erheblich vermindern (in der Grössenordnung eines Drittels des an variable Faktoren gebundenen Energieeinsatzes). Investitionen in grössere Ökonomiegebäude, die wegen den vergrösserten Flächen und Milchkontingenten pro Betrieb notwendig würden, wären nur zu finanzieren, wenn sehr einfache Gebäude erstellt würden. Statt in Gebäude zu investieren, würden einige Bauern auch den Anteil des Pflanzenbaus erhöhen. Diese beiden Entwicklungen würden auch den an mittelfristig fixe Faktoren gebundenen Energieeinsatz verringern.

2.3.2.3 Weltmarktpreise: **Fall 3**

Bei Weltmarktpreisen sind ähnliche Entwicklungen wie im **Fall 2** zu erwarten. Die schweizerische Landwirtschaft würde sich den heute in Grossbritannien vorhandenen Strukturen annähern. Die Energieintensität wäre bedeutend kleiner.

2.3.3 Energieszenario B: Energiepreissteigerungen

	AP 2002	EU-GAP	Weltmarkt
Energieszenario A	1	2	3
Energieszenario B	4	5	6
Energieszenario C	7	8	9
Energieszenario D	10	11	12

Im Energieszenario B steigen die Energiepreise an. Per Annahme werden auch energiesparende Verfahren gefördert, entwickelt und eingesetzt. Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen wird nicht gefördert (Tabelle 17).

Tabelle 17: Energieszenario B

Energiepreis	steigend
Förderung neuer Energietechniken	ja
Subventionierung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz	keine
Umweltsteuern	keine

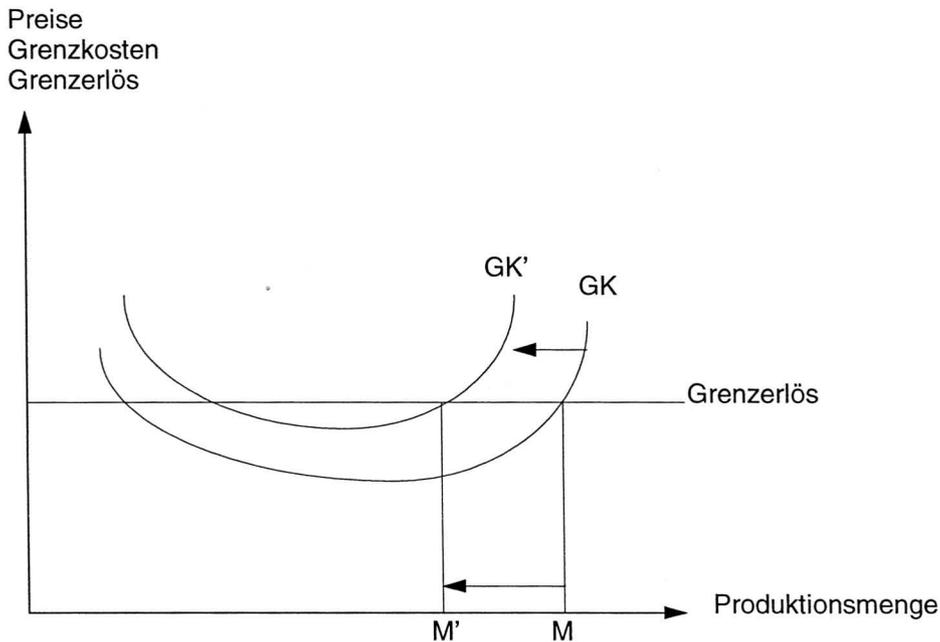
Es wird zu unterscheiden sein zwischen gemässigten Energiepreissteigerungen (im Umfang von zehn bis zwanzig Prozent) und drastischen Energiepreissteigerungen (z.B. Verdoppelung oder Verdreifachung).

2.3.3.1 Energiepreiswirkungen

Grundsätzliche Auswirkungen einer Energiepreissteigerung

Grundsätzlich bedeutet eine Energiepreissteigerung eine Erhöhung der absoluten und marginalen Produktionskosten. Die Grenzkostenkurve GK eines Betriebes verschiebt sich dementsprechend nach links zu GK' (vgl. Abbildung 8). Die optimale Produktionsmenge verringert sich von M nach M'. Bei Produkten ohne Kontingentsbeschränkung bieten die Landwirte eine kleinere Menge an.

Abbildung 8: Produktionsoptimum



Neben der Mengenwirkung verschiebt sich auch die optimale Faktorkombination zugunsten der weniger energieträchtigen Produktionsfaktoren. Es ist zu erwarten, dass weniger Treib- und Brennstoffe und Handelsdünger, dafür mehr Arbeit eingesetzt würden. Energiesparende Techniken gewinnen an Bedeutung. Um nur einige Beispiele zu nennen: Leguminosen, Direktsaat, Minimalbodenbearbeitung, verbesserte Futtermittelverwertung der Nutztiere.

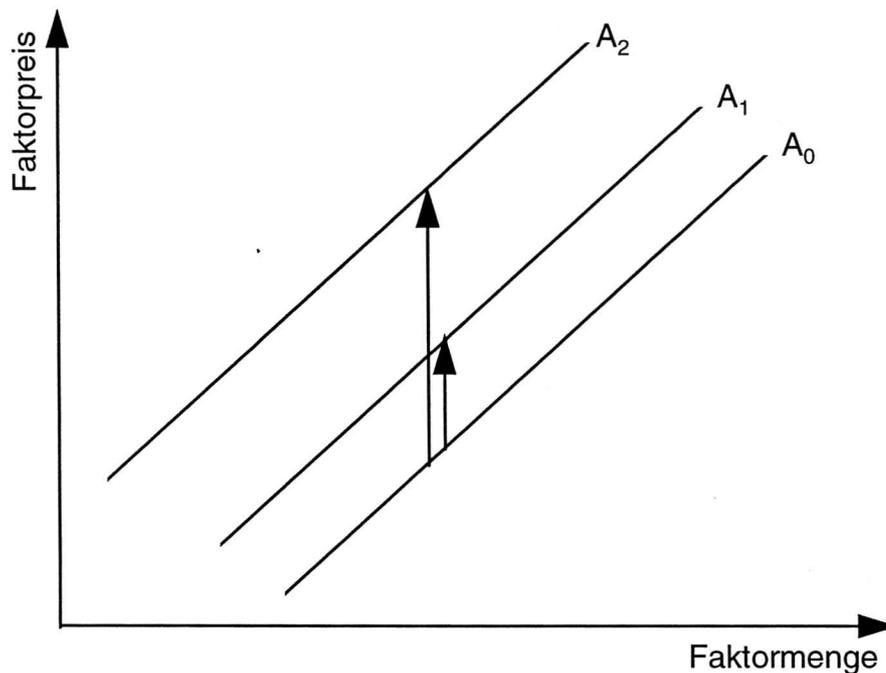
Auswirkungen der Energiepreise auf die Faktorpreise

Die Wirkung einer Energiepreisveränderung auf die Preise und den Einsatz der Produktionsfaktoren wird bestimmt durch (a) den Energieanteil an den Herstellungs- oder Bereitstellungskosten der Produktionsfaktoren, (b) die Preiselastizität des Faktorangebots und (c) die Preiselastizität der Faktornachfrage.

Je höher der Energieanteil an den Kosten eines Produktionsfaktors, desto stärker und direkter ist die Wirkung einer Energiepreisveränderung auf den Preis des Produktionsfaktors. Dies ist in Abbildung 9 dargestellt. Ausgehend von einem Faktorangebot A_0 bewirkt eine Energieverteuerung eine Verschiebung der Angebotskurve nach oben, d.h. eine Reduktion der zu einem bestimmten Preis angebotenen

Menge. Die Angebotskurve A_1 resultiert für einen Faktor, dessen Herstellung wenig energieintensiv ist. A_2 resultiert bei einem energiereichen Faktor.

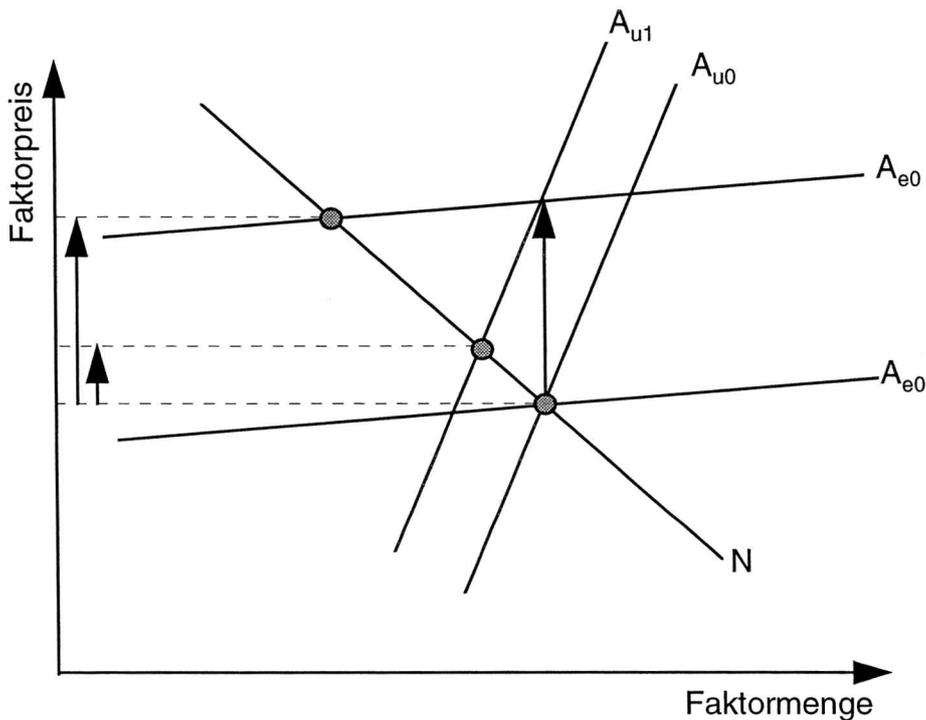
Abbildung 9: Wirkung der Energiepreise auf das Faktorangebot bei unterschiedlichen Gehalten an grauer Energie



Bei einer wirtschaftlichen Betrachtung wird also zu unterscheiden sein zwischen Produktionsfaktoren, deren Kosten fast vollumfänglich Energiekosten darstellen (dazu gehören natürlich die Energieträger wie Treibstoffe und Elektrizität selbst, aber auch andere Produktionsmittel wie etwa mineralischer Stickstoffdünger), und Produktionsfaktoren, deren Kosten nur in sehr geringem Masse Energiekosten darstellen (in den Agrarproduktionssystemen der Industrieländer gehören dazu etwa der Boden oder die menschliche Arbeitskraft).

Ebenso spielt die Angebotselastizität eine Rolle: Je preiselastischer das Angebot eines Faktors, desto grösser ist die Wirkung einer Verteuerung seiner Herstellungs- oder Bereitstellungskosten auf den Marktpreis des Faktors. Dies ist in Abbildung 10 dargestellt. Bei einem unelastischen Faktorangebot (A_u) bewirkt die Angebotsverschiebung von A_{u0} nach A_{u1} nur eine bescheidene Faktorpreissteigerung. Die Verschiebung der elastischen Angebotskurve (A_e) von A_{e0} nach A_{e1} hingegen bewirkt eine erhebliche Preisveränderung.

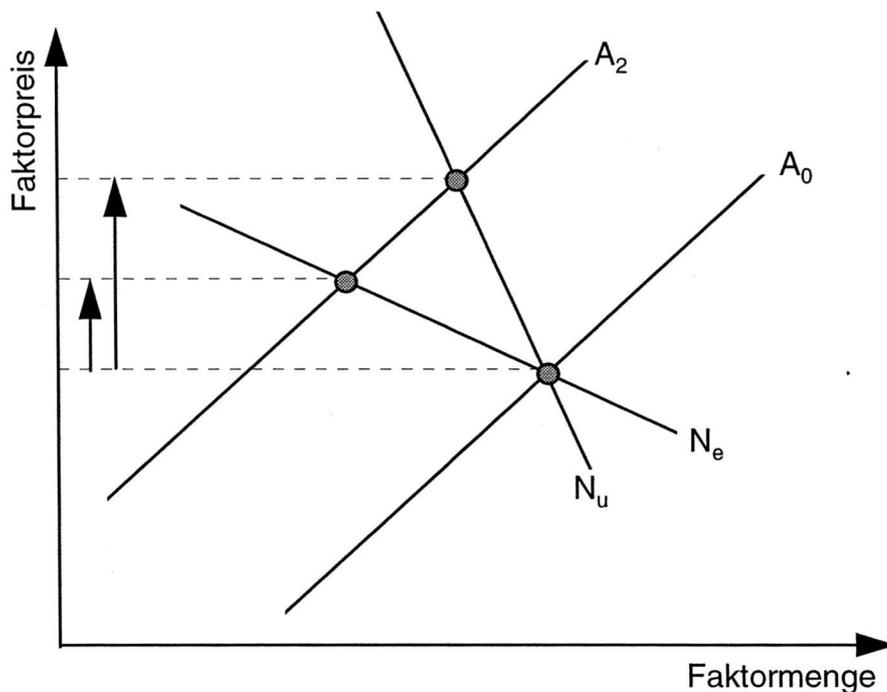
Abbildung 10: Wirkung der Energiepreise auf die Faktorpreise bei unterschiedlichen Angebotselastizitäten



Aus der Perspektive eines kleinen Landes wie der Schweiz ist das Angebot an mobilen Produktionsfaktoren wie (neuen) Maschinen, Treib- und Brennstoffe und Handelsdünger vollkommen preiselastisch. Das bedeutet, dass der Preis für diese Faktoren im wesentlichen auf internationalen Märkten gebildet wird und dann für die Schweiz gültig ist. Das Angebot nicht-mobiler Produktionsfaktoren (Boden, zum Teil Arbeit) und solche, für die Handelshemmnisse politischer Art bestehen (zum Beispiel Futtermittel) ist preisunelastischer. Das bedeutet, dass sich eine Energiepreisveränderung weniger auf die Preise dieser Faktoren auswirkt als dies bei Handelbarkeit bzw. erhöhter Mobilität der Fall wäre.

Die Wirkung einer Energiepreisveränderung auf die Preise der landwirtschaftlichen Produktionsfaktoren hängt auch von der Preiselastizität des Faktorangebots ab (das heisst vom Ausmass des Angebotsrückgangs bei einer Preisreduktion oder der Angebotsausweitung bei einer Preissteigerung). Dies ist in Abbildung 11 dargestellt. Bei einer unelastischen Faktornachfrage (N_u) überträgt sich die Angebotsverschiebung unmittelbar auf den Faktorpreis. Bei einer elastischen Nachfrage (N_e) geht der Faktoreinsatz aufgrund der Angebotsverschiebung wesentlich zurück und die Preiswirkung ist weniger stark ausgeprägt. Die Nachfrageelastizität hat allerdings nur dann eine Bedeutung für die Preiswirkung, wenn das Faktorangebot nicht vollkommen elastisch ist.

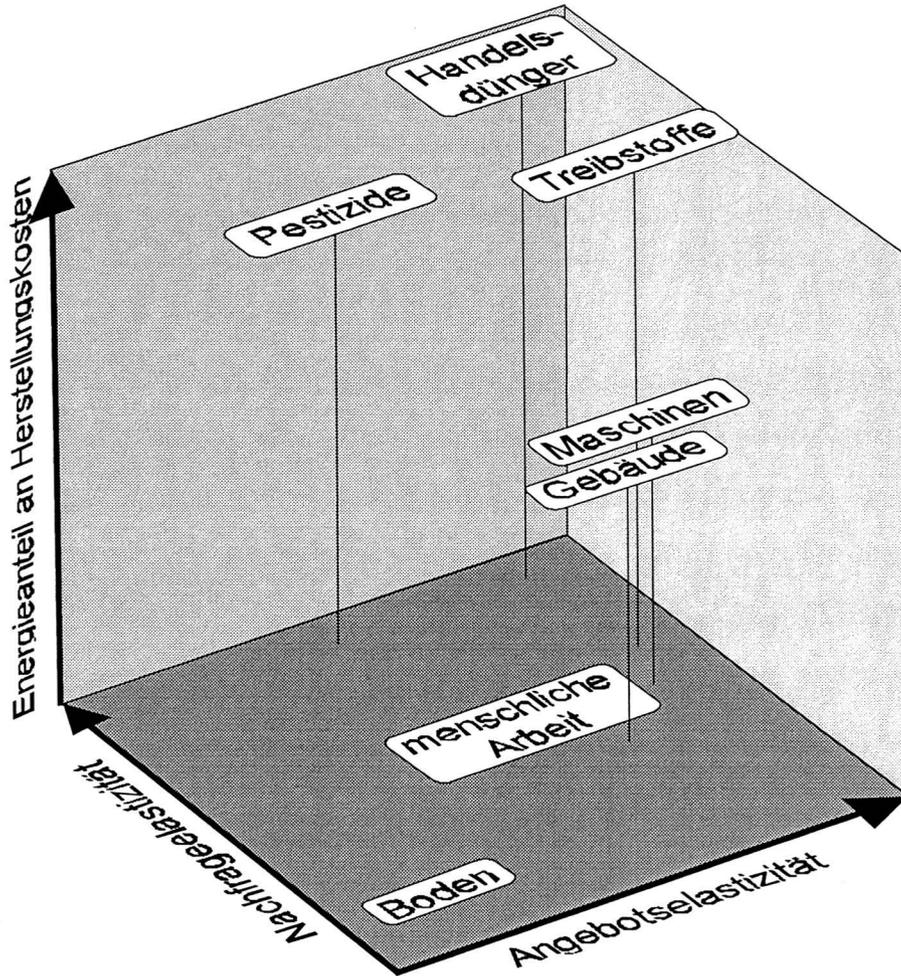
Abbildung 11: Wirkung der Energiepreise auf die Faktorpreise bei unterschiedlichen Nachfrageelastizitäten



Die Nachfrageelastizität eines Produktionsfaktors wird beeinflusst durch die Möglichkeiten des Unternehmers oder Landwirts, den Produktionsprozess anzupassen. Die Anpassungsflexibilität wiederum ist durch technische und wirtschaftliche Gegebenheiten bestimmt. Betriebszweige mit einem hohen Anteil an fixen Kosten, zu denen wegen der Gebäude namentlich die Tierhaltung zählt, sind bezüglich der Produktionsmenge relativ wenig anpassungsfähig. Die Agrarpolitik spielt hier ebenfalls eine entscheidende Rolle: Wo die Produktionsmenge durch die Agrarpolitik begrenzt wird (wie etwa bei der Milch), hat eine (nicht allzu drastische) Faktorpreisveränderung keine Wirkung auf die Produktionsmenge. Es sind dann nur die Faktorsubstitutionsmöglichkeiten von Belang. Es ist daher von Bedeutung, inwieweit Möglichkeiten der Substitution von energiereichen Produktionsmitteln bestehen und inwieweit eine Energieverteuerung tatsächlich zu einer Produktionsreduktion führt.

In Abbildung 12 sind verschiedene Produktionsfaktoren bezüglich dieser drei Kriterien charakterisiert. Die Achse von unten nach oben stellt den Energieanteil an den Herstellungs- und Bereitstellungskosten dar. Die Achse von links nach rechts gibt die Angebotselastizität an, die wesentlich von der Mobilität und Handelbarkeit der Faktoren bestimmt ist. Die Achse von vorne nach hinten symbolisiert die Nachfrageelastizität, beziehungsweise die (wirtschaftlichen) Substitutionsmöglichkeiten eines Faktors.

Abbildung 12: Charakterisierung der Produktionsmittel bezüglich direkter Energiepreiswirkungen



Handelsdünger, Treibstoffe und Pestizide sind Produktionsfaktoren, an deren Herstellungs- oder Bereitstellungskosten die Energie einen hohen Anteil hat. Sie liegen daher im oberen Teil der Abbildung. Beim Handelsdünger steht vor allem der Stickstoffdünger im Vordergrund. Die Maschinen- und Gebäudekosten sind ebenfalls in erheblichem Umfang energiepreisabhängig. Diese Faktoren sind deshalb auf mittlerer Höhe eingetragen. Für die Bereitstellung von Boden und Arbeit ist kaum Energie nötig. Der Energiepreis spielt für die Preise der Faktoren Boden und Arbeit nur eine indirekte Rolle. Sie sind dementsprechend auf der Grundfläche eingezeichnet.

Handelsdünger, Treibstoffe und Maschinen werden international gehandelt. Für die Schweiz ist das Angebot dieser Faktoren völlig preiselastisch. Diese Faktoren kommen daher auf die rechte Seite der Abbildung zu liegen. Sehr preisunelastisch ist das Gesamtangebot an landwirtschaftlich nutzbarem Boden.

Die Nachfrageelastizität schliesslich ist bestimmt durch die Faktorsubstitutionsmöglichkeiten. Vergleichsweise bedeutende Substitutionsmöglichkeiten sind bei den Handelsdüngern (Anbau von Leguminosen zur Gründüngung, Hofdünger) und bei den Pflanzenschutzmitteln (biologischer Pflanzenschutz, resistente Sorten, Fruchtfolge, mechanische Unkrautbekämpfung) zu erwarten. Die Treibstoffe sind relativ

schlecht substituierbar, da sie sehr eng an die Landmaschinen gekoppelt sind. Gebäude und Maschinen sind nur mittelfristig und teilweise substituierbar (durch energieextensivere Gebäude und Maschinen).

Da bei den Handelsdüngern, Treibstoffen und Pflanzenschutzmitteln einerseits der Kostenanteil der Energie bedeutend ist und andererseits die Angebotselastizität dieser Faktoren hoch ist, wirkt sich eine Energiepreissteigerung sehr direkt auf die Preise dieser Faktoren aus. In vermindertem Umfang reagieren auch die Preise für Gebäude und Maschinen.

Nach diesen Bemerkungen zu den allgemeinen Wirkungen des Energiepreises treten wir nun auf die speziellen Wirkungen in den drei Agrarstrukturentwicklungen ein.

2.3.3.2 Agrarpolitik 2002: **Fall 4**

	AP 2002	EU-GAP	Weltmarkt
Energieszenario A	1	2	3
Energieszenario B	4	5	6
Energieszenario C	7	8	9
Energieszenario D	10	11	12

Bescheidene Energiepreissteigerung

Für die Referenzentwicklung AP 2002 lassen sich die Auswirkungen einer mässigen Energiepreissteigerung quantifizieren, da diese Entwicklung von den heutigen Verhältnissen nicht allzu weit entfernt ist und sich somit mit vorhandenen Zahlen Berechnungen anstellen lassen. Dabei gehen wir wie folgt vor: Ausgehend von einem mittleren Energiepreis schätzen wir den Anteil der Energiekosten an den Produktionskosten ab. Die Energiekosten werden dann verschiedenen Kategorien von Produktionsmitteln zugeordnet. Damit lässt sich abschätzen, wie stark die einzelnen Produktionsmittelpreise von einer Energiepreissteigerung betroffen wären. Mithilfe der Literatur entnommener Eigen- und Kreuzpreiselastizitäten der Faktornachfrage lassen sich dann die Faktornachfrageveränderungen abschätzen.

Die kritischen Daten für diese Berechnung sind die Faktornachfrageelastizitäten. Diese wurden zuletzt von Walo¹⁰ geschätzt. Da Walo nur die schweizerischen Talbetriebe betrachtet, können wir die Energiepreiswirkungen nur für diese Betriebe abschätzen. Wie wir noch sehen werden, lassen die Resultate aber wichtige Schlüsse zu, auch wenn die Daten nur für einen Teil der schweizerischen Landwirtschaft repräsentativ sind.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Energiepreise.

¹⁰ Walo, A.: Grössen und Verbundvorteile bei Mehrprodukteunternehmen, 1994

Tabelle 18: Energiepreise in der Schweiz

Energieträger	Angabe	Preis	Preis pro MJ
Diesel	LBL	Fr. 1.15 / l	2,42 Rp
Benzin	LBL	Fr. 1.18 / l	2,79 Rp
Heizöl	LBL	Fr. 0.32 / l	0,66 Rp
Elektrizität Hochtarif	EKZ	Fr. 0.23 / kWh	6,19 Rp
Elektrizität Niedertarif	EKZ	Fr. 0.11 / kWh	3,00 Rp

LBL = Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau, EKZ = Elektrizitätswerke des Kantons Zürich.

Der effektive Dieselpreis ist nach Abzug der Zollrückerstattung etwas tiefer. Der verhältnismässig hohe Preis der elektrischen Energie wird durch einen deutlich besseren Wirkungsgrad von elektrischen Geräten relativiert. In der Landwirtschaft kommen verschiedene Energieträger zum Einsatz. Ausserdem sind auch die Kosten der Herstellungsenergie der Produktionsfaktoren zu berücksichtigen. Daher rechnen wir mit einem eher hohen Durchschnittswert von 3 Rp. pro Megajoule.

Für den Energiebedarf der einzelnen Betriebszweige liegen leider keine Angaben für die Schweiz vor. Pimentel (1980) hat für die amerikanische Landwirtschaft die Inputenergie für verschiedene Kulturen und Regionen berechnet. Für die vorliegende Studie wurden nur Energiekalkulationen aus dem Nordosten der USA verwendet. Diese Region ist den schweizerischen Verhältnissen am ähnlichsten. Der Energieaufwand für die einzelnen Kulturen wird mit 3 Rp. pro MJ bewertet und den schweizerischen Produktionskosten nach DB Katalog gegenübergestellt (Tabelle 19). Dies ergibt die Anteile der direkten und indirekten Energie an den Produktionskosten.

Tabelle 19: Energiebedarf und Energiekosten verschiedener Kulturen

Kultur, Betriebszweig	Ertrag [kg/ha; kg/Kuh]	Energiebedarf [MJ/ha; MJ/Kuh]	Energiekosten [Fr./ha; Fr./Kuh]	Totale Kosten [Fr./ha; Fr./Kuh]	Energiekostenanteil
Mais	6455	23913	717	4994	14.4%
Weizen	4703	14022	421	4553	9.2%
Kartoffeln	32951	68514	2055	13402	15.3%
Heu	2177	3155	95	3825	2.5%
Milchkuh	4776	32749	982	4868	20.2%

Im Durchschnitt entfallen etwa 15% der gesamten Kosten eines Betriebes auf Energie (direkte Energie und Herstellungsenergie der Produktionsfaktoren, exklusive menschliche Arbeit und Herstellungsenergie der Gebäude).

In Tabelle 20 betrachten die Auswirkungen eines Energiepreisanstiegs um 10% auf einen Durchschnitts-Talbetrieb. Da 15% der totalen Kosten direkt oder indirekt für Energie aufgewendet wird, entspricht dies bei gleichbleibender Produktionsweise einer Kostensteigerung um rund 1,5%. Die totalen Produktionskosten der betrachteten Betriebe betragen 1994 im Mittel Fr. 248'000. Eine Kostensteigerung um 1,5% macht daher rund Fr. 4000 aus. Entsprechend der Anteile der Produktionsfaktoren am totalen Energieeinsatz entfallen 54% dieser Fr. 4000 auf die Maschinen (Fr.

2160), 32% auf pflanzenspezifische Inputs, namentlich Dünger (Fr. 1280), und 14% auf zugekauftes Futter (Fr. 560). Die Arbeit und der Boden sind nur indirekt und minim betroffen.

Kurz- bis mittelfristig passt der Unternehmer die Produktionsstruktur an. Diese Anpassungen sind in Tabelle 20 zusammengefasst.

Tabelle 20: Auswirkungen einer Energieverteuerung um 10% oder Fr. 4000 pro Betrieb

Produktionsfaktor	Kostenanteil	Verteuerung	Nachfragewirkung (Menge)	Nachfragewirkung (Kosten)
Arbeit	100409 Fr.	0	1,08 %	1084 Fr.
Kapital (Maschinen)	81220 Fr.	2,65 %	- 0,68 %	1585 Fr.
Boden	14250 Fr.	0	- 0,44 %	- 63 Fr.
Pflanzenspezifische Inputs	18061 Fr.	7,08 %	- 1,64 %	962 Fr.
Zugekauftes Futter	34137 Fr.	1,64 %	0,96 %	893 Fr.
Total	248077 Fr.			4461 Fr.
Gewichteter Durchschnitt		1,61 %	2,02 %	

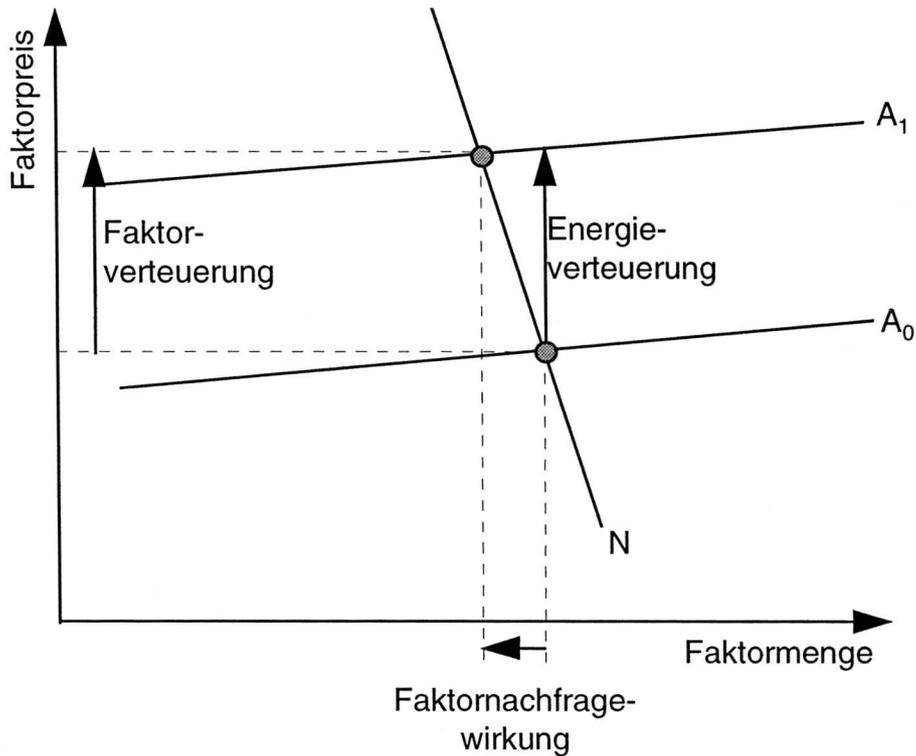
Tabelle 20 zeigt, dass die mengenmässige Nachfrage nach den energieintensiven Produktionsfaktoren (Maschinen, pflanzenspezifische Inputs) nur minimal zurückginge. Gleichzeitig steigen die Kosten dieser Faktoren aufgrund der Energiepreissteigerung. Erwartungsgemäss steigt auch der Arbeitseinsatz, wenn auch nur minimal. Es werden eher mehr Futtermittel zugekauft, wobei die Modellrechnung hier an ihre Grenzen stösst, denn wir haben auf der einen Seite angenommen, dass die Agrarpreise konstant bleiben, auf der andern Seite aber mit einer Preissteigerung der zugekauften Futtermittel entsprechend ihrer Produktionsenergie gerechnet. Die totalen Kosten steigen um Fr. 4461 oder, ohne Berücksichtigung der Futtermittelpreissteigerung, um Fr. 3568. Das bedeutet, dass die Energieverteuerung in vollem Umfang einkommenswirksam ist.

Der mengenmässige Einsatz der Produktionsfaktoren reagiert nur schwach auf die Energiepreise: Der Einsatz pflanzenspezifischer Inputs geht um weniger als 2% zurück, jener der Maschinen um weniger als 1%. Man beachte allerdings, dass aufgrund der Aggregation verschiedener Produktionsfaktoren in nur fünf Kategorien Auswirkungen auf die Nachfrage nach einzelnen Faktoren wie etwa Stickstoffdünger nicht zum Ausdruck kommen. Es ist anzunehmen, dass der Stickstoffdüngereinsatz um mehr als 2% zurückginge¹¹, andere pflanzenspezifische Inputs aber nicht reagieren oder vermehrt eingesetzt würden.

Generell kann gesagt werden, dass die Energienachfrage der heutigen schweizerischen Landwirtschaft preisunelastisch ist: Eine Energiepreissteigerung um 10% bewirkt einen Rückgang der Nachfrage um weniger als 10 (einige wenige) Prozent. Graphisch könnte die Energiemarkt-Situation der schweizerischen Landwirtschaft daher wie folgt dargestellt werden (vgl. Abbildung 13).

¹¹ Für die schwedische Landwirtschaft hat Mattsson (1986) die Preiselastizität der Stickstoffdüngernachfrage auf rund -0,3 bis -0,5 geschätzt.

Abbildung 13: Energiemarktsituation der schweizerischen Landwirtschaft



Einer preisunelastischen Faktornachfrage steht ein preiselastisches Faktorangebot gegenüber. Dies bedeutet, dass der Landwirt nur beschränkte Anpassungsmöglichkeiten an eine Energieverknappung hat. Die Energieverteuerung überträgt sich fast vollständig auf die Faktorpreise. Die Faktornachfrage geht jedoch kaum zurück. Deshalb wirken sich die Energiepreise unmittelbar auf die landwirtschaftlichen Einkommen aus, aber nur wenig auf die Produktionsweise.

Die Modellrechnung ist insofern grob, als dass die Substitutionsmöglichkeiten zwischen Produktionsfaktoren des gleichen Typs (zum Beispiel Substitution schwerer durch leichte Maschinen) nicht abgebildet werden konnten. Es ist anzunehmen, dass gewisse solche Substitutionsmöglichkeiten bestehen und bei einer Energieverteuerung wirtschaftlich würden. Eine solche Entwicklung würde den landwirtschaftlichen Energieeinsatz reduzieren, ohne die Produktionsstruktur wesentlich zu beeinflussen. Es kommt ihr daher eine energie- und umweltpolitische Bedeutung zu, nicht jedoch eine agrarpolitische im engeren Sinne.

Drastische Energiepreissteigerung

Während eine Energiepreissteigerung um 10 oder 20% im wesentlichen nur eine Einkommenswirkung hätte, würde eine drastische Energiepreissteigerung die Preisverhältnisse doch so stark verändern, dass strukturelle Anpassungen zu erwarten wären, denn eine Energieverteuerung um 100% entspräche bei gleichbleibender Produktionsstruktur einer nicht tragbaren Einkommenseinbusse pro Talbetrieb (nicht pro Arbeitskraft) von 40'000 Fr. oder rund 40%. Es wäre erstens eine erhebliche Faktorsubstitution, zweitens eine Extensivierung der Produktion und drittens ein be-

schleuniger Strukturwandel zu erwarten. Viertens hängt die Entwicklung der Landwirtschaft in diesem Energieszenario erheblich von den Auswirkungen der Energiepreissteigerungen auf die übrigen Sektoren ab.

Bezüglich Faktorsubstitution ist zu erwarten, dass Energiespar- und Energierückgewinnungstechniken in erheblichem Ausmass eingesetzt würden. Dies betrifft zunächst die schon genannten Möglichkeiten der Substitution von Handelsdüngern und die Minimalbodenbearbeitung. Ferner dürften aber auch alternative Energieträger wie Biogas, Holz und Sonnenkollektoren zur Heubelüftung wirtschaftlich interessant(er) werden. Dies würde die Abhängigkeit der Landwirtschaft von externen Energieinputs vermindern. Aufgrund der notwendigen Investitionen würde der Einsatz solcher Techniken aber die landwirtschaftlichen Einkommen nur bescheiden verbessern. Generell wären diese Investitionen aufgrund des nicht allzu starken Agrarpreisrückgangs jedoch tragbar.

Die Maschinen- und Düngerintensitäten würden abnehmen. Die Arbeitsintensität würde gegenüber der Referenzentwicklung (**Fall 1**) aufgrund des Einkommenseffektes ebenfalls abnehmen, jedoch weniger stark als die Maschinen- und Düngerintensitäten. Arbeit würde vermehrt dort eingesetzt, wo sie externe Energieinputs ersetzen kann. Dies ist beispielsweise der Fall bei Arbeit im Wald zur Brennholzgewinnung, Arbeit zur Verminderung von Energieverbrauchsspitzen bei der Ernte und Eigenleistungen bei Gebäudeinvestitionen. Der saisonale Arbeitsbedarf müsste vermehrt ausgeglichen werden. Daher dürften die Betriebsstrukturen und Fruchtfolgen eher vielfältiger werden. Betriebszweige, die spezielle Maschinen erfordern, würden sich jedoch vermehrt in spezialisierten Unternehmen konzentrieren.

Nur von der Einkommenssituation her gesehen wäre ein Strukturwandel zu erwarten, der in etwa jenem in **Fall 2** entspräche (zwischen -3 und -5%). Es ist zu beachten, dass Arbeit im Vergleich zu energieträchtigen Produktionsmitteln billiger wird. Damit besteht eine Tendenz, Arbeit nicht im bisherigen Ausmass durch Kapital zu substituieren (vgl. Tabelle 20, S. 39). Der Strukturwandel würde damit leicht abgeschwächt. Ferner ist zu erwarten, dass der Strukturwandel vermehrt durch die Möglichkeiten der Betriebe, sich an die veränderten Preisverhältnisse anzupassen, bestimmt wäre.

Die Reaktion des Agrarsektors auf eine drastische Energiepreissteigerung hängt auch von den Veränderungen in den übrigen Sektoren ab. Dies kann hier nicht abschliessend diskutiert werden, doch seien einige mögliche Entwicklungen im Sinne von Gedankenanstössen angeführt:

- Die Energiepreissteigerung hätte wohl kurzfristig eine erhebliche rezessive Wirkung. Die Reallöhne dürften tendentiell sinken, was den landwirtschaftlichen Strukturwandel trotz verminderter landwirtschaftlicher Einkommen bremsen würde.
- Erhöhte Transportkosten würden die Konkurrenzfähigkeit der schweizerischen Landwirtschaft auf den heimischen Märkten verbessern.

- Die Rentabilität der Forstwirtschaft würde zunehmen, mit entsprechenden Konsequenzen für die Waldbesitzer und Nebenerwerbsmöglichkeiten der Bauern.
- Die Bauern hätten wegen der sinkenden Reallöhne bessere Möglichkeiten, saisonal Arbeitskräfte anzustellen und damit Energieverbrauchsspitzen zu kappen.
- Eine verschlechterte Wirtschaftslage würde die Umweltpolitik in den Augen der Öffentlichkeit weniger dringlich erscheinen lassen. Gleichzeitig könnte sich aber wegen der steigenden Reisekosten die Bedeutung der Naherholungsgebiete erhöhen. Die agglomerationsnahe Landwirtschaft und jene in touristischen Gebieten wäre damit mit einer verstärkten Notwendigkeit zur umweltgerechten Produktion und Kulturlandschaftspflege konfrontiert, während für die übrige Landwirtschaft Produktionsziele wieder prioritär würden.

2.3.3.3 EU- und Weltmarktpreise: **Fall 5** und **Fall 6**

	AP 2002	EU-GAP	Weltmarkt
Energieszenario A	1	2	3
Energieszenario B	4	5	6
Energieszenario C	7	8	9
Energieszenario D	10	11	12

Die Produktpreise in der EU entsprechen etwa 60% der Preise in der Agrarstruktur-entwicklung AP 2002. Damit sinken die Einkommen. Die Kosten der Energieverteilung liegen aber in ähnlicher Grössenordnung pro Hektar, somit pro Betrieb über jenen der AP 2002. Es wären daher dramatische Einkommenseinbussen zu erwarten.

Der Kostenanteil der Energie an den gesamten Produktionskosten ist grösser als im **Fall 4**. Dies hätte zur Folge, dass die landwirtschaftliche Energienachfrage preiselastischer würde und dass die unter **Fall 4** diskutierten Entwicklungen in verstärktem Masse eintreffen würden. Auch eine mässige Energiepreissteigerung hätte daher signifikante Auswirkungen auf die Produktionsstruktur. Der Energieverbrauch würde stärker zurückgehen als in den Fällen **2** und **3**. Die Landwirtschaft würde insgesamt erheblich extensiver, allerdings wäre die Extensivierung regional unterschiedlich. Die energiesparenden Techniken und die land- und forstwirtschaftliche Energiegewinnung würden an Bedeutung zunehmen.

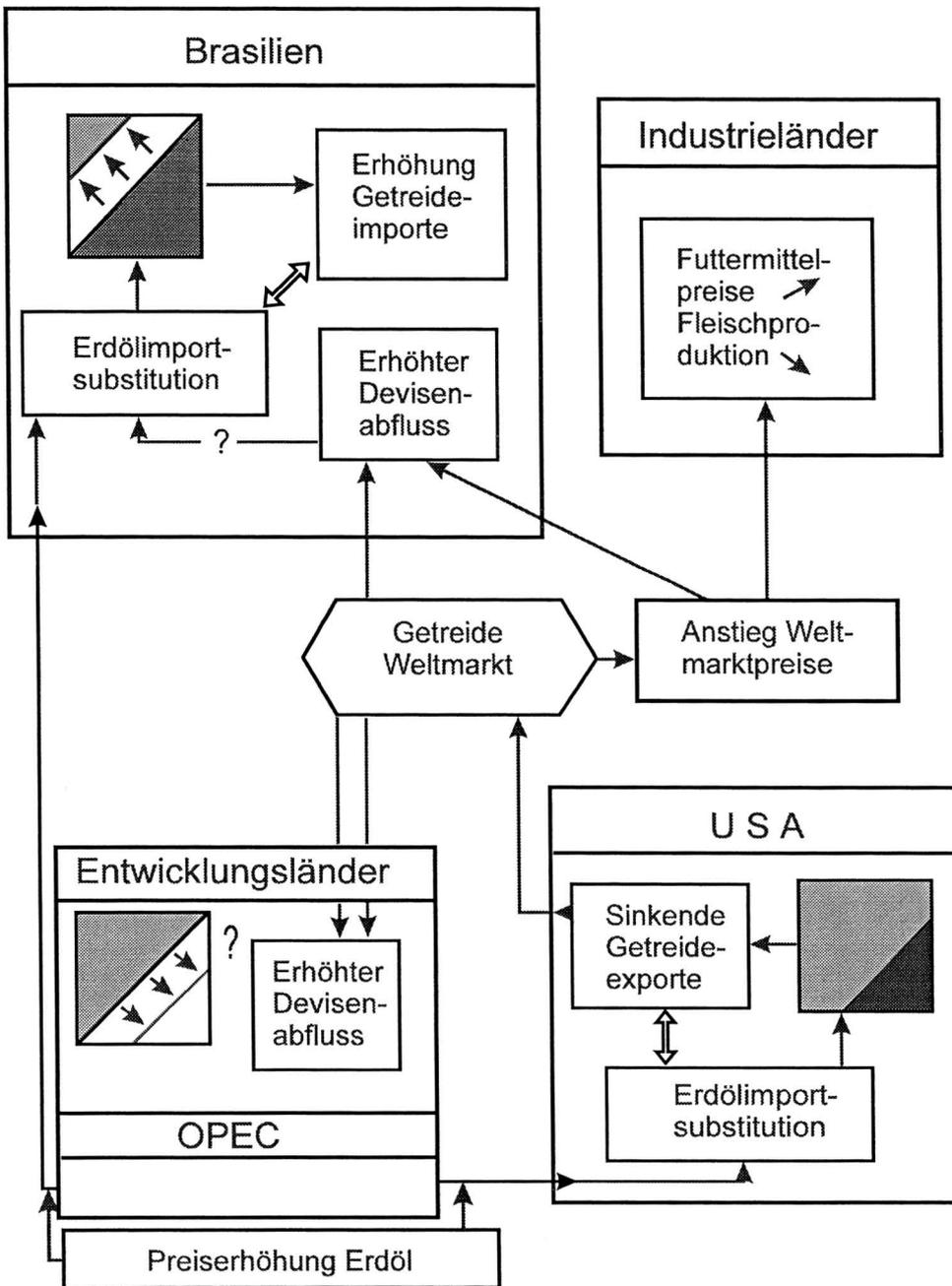
In den Fällen **5** und **6** steht die schweizerische Landwirtschaft in direkter Verbindung mit den internationalen Agrarmärkten. Sie wäre daher von den weltweiten Auswirkungen der Energieverteilung direkt betroffen. Die weltweite landwirtschaftliche Energienachfrageelastizität ist höher als die schweizerische. Daher würden kurzfristig weltweit weniger Dünger und andere Hilfsstoffe eingesetzt mit einer entsprechenden Verknappung des Nahrungsmittelangebots. Dies würde die Agrarpreise

ansteigen lassen und somit auch Auswirkungen auf die schweizerische Landwirtschaft haben.

Grundsätzlich besteht also eine Abhängigkeit der Nahrungsmittel- von den Energiepreisen. Diese würde noch verstärkt, wenn im Zuge einer weltweiten Energieverknappung in einigen Weltregionen verstärkt nachwachsende Rohstoffe (z.B. Zuckerrohr zur Alkoholgewinnung als Treibstoff) angebaut würden. Daher kann gesagt werden: Je stärker die Energiepreise steigen, desto enger sind Weltmarkt-Nahrungsmittel- und Energiepreise aneinandergekoppelt.

In Abbildung 14 sind in Anlehnung an die Verhältnisse der Energiekrise der siebziger Jahre solche Zusammenhänge zwischen Agrar- und Energiesektoren graphisch dargestellt. Eine drastische Preiserhöhung bei Erdöl führte zu Importsubstitutionen in Ländern mit grossen Ackerflächen wie den USA und Brasilien. Auf heutigen Getreideanbauflächen würden in grossem Stil nachwachsende Rohstoffe produziert, aus denen Treibstoffe hergestellt würden. Dieses Verhalten würde die Getreideexporte vor allem der USA auf den Weltmarkt reduzieren, was dort wegen geringer Preiselastizitäten zu überproportionalen Preisanstiegen führen würde. Entwicklungsländer kämen kurzfristig in Devisenprobleme, hätten aber andererseits einen Anreiz, ihre grossen Agrarflächen intensiver zu nutzen. Sie würden damit die Importabhängigkeit bei Nahrungsmitteln reduzieren. Die Industrieländer würden bei stark gestiegenen Getreidepreisen die intensiven Produktionsmethoden, namentlich bei der Fleischproduktion, reduzieren. Dieses Schema in Abbildung 14 soll also zeigen, wie Erdölverteuerungen durch das ganze internationale Agrarmarktsystem wirksam sind.

Abbildung 14: Treibstoff- und Nahrungsmittelproduktion



Die Energiekrise der 70er Jahre lehrt uns aber auch, dass eine plötzliche Verteuerung des Rohöls erhebliche Auswirkungen auf die Stabilität der Volkswirtschaften in den verschiedenen Weltregionen hätte. Damals stand den Rezessionen in den netto energieimportierenden Ländern ein grosses Angebot an Petrodollars gegenüber. Dies veranlasste viele Staaten, namentlich Schwellenländer, zu vermehrter Verschuldung und führte u.a. zur Schuldenkrise der 80er Jahre. Eine ähnliche Entwicklung wäre auch heute denkbar, wobei wir deren Wahrscheinlichkeit nicht beurteilen können.

2.3.4 Energieszenario C: Subventionierung nachwachsender Rohstoffe

	AP 2002	EU-GAP	Weltmarkt
Energieszenario A	1	2	3
Energieszenario B	4	5	6
Energieszenario C	7	8	9
Energieszenario D	10	11	12

Im Energieszenario C steigen die Energiepreise, und die Produktion nachwachsender Rohstoffe wird staatlich gefördert (vgl. Tabelle 21).

Tabelle 21: Energieszenario C

Energiepreis	steigend
Förderung neuer Energietechniken	ja
Subventionierung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz	ja
Umweltsteuern	keine

2.3.4.1 Technische Aspekte

Mögliche Beispiele nachwachsender Energieträger sind:

- Holz und Stroh (als Brennstoffe)
- Zuckerrüben (Alkohol als Treibstoff)
- Raps (Rapsmethylester als Treibstoff)

Bei all diesen Energieträgern ergeben sich gewisse technische Probleme¹². Abfallholz und Stroh stellen ein grösseres Energiepotential dar¹³. Das Stroh hat bei der wärmetechnischen Nutzung einen geringen Wirkungsgrad. Die praktische Nutzung von Abfallholz und Stroh ist sehr arbeitsaufwendig und/oder mit heizungstechnischen sowie umweltpolitischen Problemen verbunden. Insbesondere bei der Strohverbrennung bereitet es grosse Schwierigkeiten, die gesetzlichen Emissionsgrenzwerte einzuhalten.

Bei der Produktion von Energiepflanzen zur Alkoholgewinnung beträgt der gesamte Energieinput der Biomasseproduktion etwa 60 bis 90% des Energiegehalts des gewonnenen Ethanol. Die Energieeffizienz ist daher gering, die Energiequalität ist aber hoch, da Ethanol als Treibstoff eingesetzt werden kann. Bei der Ethanolproduktion fällt Schlempe an, die umweltgerecht zu entsorgen Probleme bereitet. In den USA wird sie teilweise direkt verfüttert. Dies erfordert aber sehr grosse Rinderställe in der Nähe der Produktionsanlagen mit entsprechenden Problemen bei der Entsorgung des anfallenden Hofdüngers. Alternativ könnte die Schlempe in eine Dick- und

¹² Henze, S. 126

¹³ Schäfer, H. (Hrsg): Nutzung regenerativer Energiequellen. Zusammenstellung von Daten und Fakten für die Bundesrepublik Deutschland. Düsseldorf, 1987.

eine Dünnpfase aufgeteilt werden. Während die Dünnpfase zur Biogasproduktion genutzt und anschliessend verrottet werden könnte, kann die Dickphase als Futtermittel oder Dünger dienen. Dabei entstehen aber ebenfalls Probleme, zum einen wegen des hohen Sauerstoffbedarfs der Verrottung der Dünnpfase, zum andern wegen dem möglicherweise hohen Schwermetallgehalt der Dickphase und der zu ihrer Trocknung und Pasteurisierung nötigen Energie.

Pflanzliche Öle können direkt als Treibstoffe eingesetzt werden. Zur Verbesserung des Wirkungsgrades ist aber eine Veresterung zweckmässig. Besondere Probleme der umweltgerechten Nebenproduktverwertung treten nicht auf.

2.3.4.2 Wirtschaftliche Aspekte

Grundsätzlich können nachwachsende Rohstoffe nur einen bescheidenen Teil des gesamten, heutigen Energieverbrauchs decken. Für die alten Länder der BRD wurde berechnet, dass auf 15% der landwirtschaftliche genutzten Fläche nur etwa 3% des gesamten Energieverbrauchs produziert werden könnte.

Es ist zu unterscheiden zwischen dem Anbau nachwachsender Rohstoffe aufgrund einer Energiepreissteigerung und dem subventionierten Anbau. In der Diskussion des Energieszenarios B wurde dargelegt, dass eine weltweite Energiepreissteigerung durchaus einen Einfluss auf den Anbau solcher Rohstoffe in einigen Regionen haben kann. In der Schweiz wäre dabei zu erwarten, dass erst einmal die Forstwirtschaft rentabler und ausgebaut würde. Der Rapsanbau zur Energiegewinnung ist nicht wirtschaftlich. Die Produktionskosten von Rapsmethylester wurden für die Schweiz berechnet¹⁴. Sie liegen weit über dem heutigen Dieselpreis. Der Dieselpreis müsste um das Zwölfwache (!) steigen, damit der Rapsmethylester konkurrenzfähig würde. Der wichtigste Grund dafür ist, dass eine Energiepreissteigerung nicht nur die Erlöse, sondern auch die Kosten der Rapsproduktion wesentlich erhöhen würde. Wie erwähnt, wäre bei einer so drastischen Energiepreissteigerung längst zu erwarten, dass sich auch die Nahrungsmittelpreise multiplizieren. Da die Wirtschaftlichkeit der Rapsmethylesterproduktion von der Wirtschaftlichkeit der Nahrungsmittelproduktion abhängt, wäre die Rapsmethylesterproduktion in der Schweiz wohl selbst unter der Annahme einer sehr drastischen Energieverknappung unwirtschaftlich.

Das Energieszenario C ist also (mit Ausnahme der verbesserten Holznutzung) nur dann realistisch, wenn – aus welchen Gründen auch immer – die Schweiz nachwachsende Rohstoffe in erheblichem Umfang subventioniert. Davon wird im folgenden ausgegangen. Dies würde Einkommensmöglichkeiten für die Land- und Forstwirtschaft schaffen, aber keinen Einfluss auf die Energiepreise haben.

¹⁴ Rieder P., Braunschweig T.: Volkswirtschaftliche Analyse nachwachsender Rohstoffe am Beispiel Rapsmethylester, 1994

2.3.4.3 Agrarpolitik 2002: **Fall 7**

Wegen der hohen Produktpreise müssten die Anbaubeiträge für die nachwachsenden Rohstoffe ausserordentlich hoch sein. Der volkswirtschaftlich Nettonutzen wäre negativ. In diesem Szenario ist der Anbau nachwachsender Rohstoffe nicht an ökologische Auflagen gebunden und wird eine ähnliche Energieintensität aufweisen wie die anderen Kulturen. Die Energieintensität der gesamten Landwirtschaft wird stabil bleiben.

2.3.4.4 EU- und Weltmarktpreise: **Fall 8** und **Fall 9**

Da die Produktpreise relativ gering sind, kann der Staat mit kleineren, aber dennoch erheblichen Beiträgen den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen fördern. Je nach Ausmass der Förderungsmassnahmen könnte die Landwirtschaft durch die nachwachsenden Rohstoffe wieder energieintensiver werden.

2.3.4.5 Bio-Variante

Mit Ausnahme des Holzes ist der Anbau nachwachsender Rohstoffe energetisch nicht sinnvoll und daher mit dem Gedanken des biologischen Landbaus unvereinbar. Die Kombination von vorgeschriebener biologischer Produktion und der Subvention von nachwachsenden Rohstoffen ist daher unrealistisch.

2.3.5 Energieszenario D: Umweltsteuern

	AP 2002	EU-GAP	Weltmarkt
Energieszenario A	1	2	3
Energieszenario B	4	5	6
Energieszenario C	7	8	9
Energieszenario D	10	11	12

Das Energieszenario D beinhaltet eine Besteuerung der Energieträger und/oder der direkt oder indirekt umweltschädigender Inputs in die Landwirtschaft. Wir denken in erster Linie an eine CO₂-Abgabe, aber auch an andere Steuerungsinstrumente. Die CO₂-Abgabe würde natürlich für alle Wirtschaftssektoren gelten, während die anderen Instrumente teilweise spezifisch auf die Landwirtschaft ausgerichtet würden (z.B. Besteuerung von Handelsdüngern und Pestiziden). Ferner ist zu unterscheiden zwischen einem schweizerischen umweltpolitischen Alleingang und einer weltweiten verstärkten Umweltpolitik. Die übrigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind gleich wie beim Energieszenario A (vgl. Tabelle 22).

Tabelle 22: Energieszenario D

Energiepreis	tief
Förderung neuer Energietechniken	keine
Subventionierung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz	keine
Energie- und Umweltsteuern	ja

2.3.5.1 Zusammenhänge zwischen Energie und Umwelt

Der Energieverbrauch ist unter anderem deshalb von besonderer Problematik, weil er eng mit der Umwelt zusammenhängt. Dies betrifft insbesondere (a) die natürlichen Ressourcen (Umweltgüter), die zur Energiegewinnung herangezogen werden, (b) die natürlichen Ressourcen, die die Neben- und Abfallprodukte des Energieeinsatzes absorbieren (müssen), (c) die natürlichen Ressourcen, die durch die wirtschaftlichen Aktivitäten (hier die Landwirtschaft), bei denen Energie eingesetzt wird, belastet werden, und (d) die natürlichen und anthropogenen Ressourcen, zu deren Schonung oder Bereitstellung Energie nötig ist.

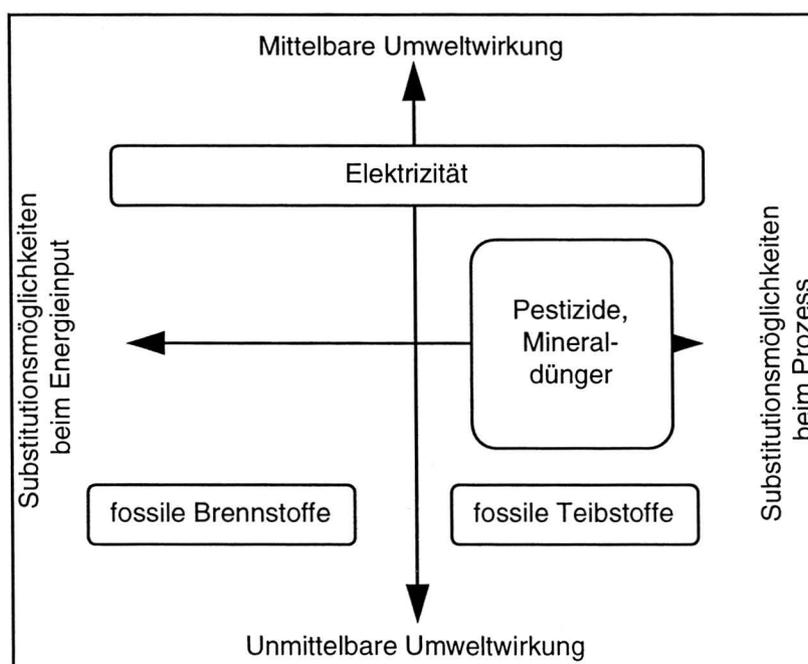
- a) *Natürliche Ressourcen zur Energiegewinnung.* Dazu gehören die nicht-erneuerbaren Vorkommen von fossilen Brennstoffen, die topographischen Formationen, die zur Wasserkraftnutzung herangezogen werden können, etc., sowie die erneuerbaren Ressourcen wie Sonne, Wasserkraft, Wind, Wald, Kulturpflanzen, u.s.w. Der Abbau und die Belastung dieser Ressourcen hängt nicht davon ab, wofür die gewonnene Energie verwendet wird und ist in diesem Sinne nicht Landwirtschaftspezifisch.
- b) *Ressourcen zur Entsorgung von Neben- und Abfallproduktion der Energiewirtschaft.* Sehr viele Ressourcentypen sind betroffen. Eine Auswahl davon sind insbesondere die Atmosphäre (Verbrennungsprodukte wie Kohlen- und Stickoxide, Russ, sowie flüchtige Kohlenwasserstoffe), die natürlichen und anthropogenen Ökosysteme, Landschaften (Versiegelung, Überflutung, Verbrennungsprodukte, Abwärme, Restwassermengen), geologische Formationen (radioaktive Abfälle), und der Boden (Kohlenwasserstoffe).
- c) *Natürliche, durch den Energieeinsatz in der Landwirtschaft beeinträchtigte Ressourcen.* Dazu gehören die Böden (Pestizide, Verdichtung durch übermäßigen Maschineneinsatz), die Gewässer (Eutrophierung, Pestizide, Wasserentnahme für Bewässerung), die Atmosphäre (Treibhausgase, namentlich Methan aus der Viehhaltung). Die Belastung dieser Ressourcen hängt wesentlich davon ab, wie "ökoeffizient" Energie in der Landwirtschaft eingesetzt wird.
- d) *Natürliche und anthropogene Ressourcen, zu deren Schonung oder Bereitstellung Energie nötig ist.* Dazu gehören die durch die Landwirtschaft entstandenen und gepflegten Kulturlandschaften und die natürlichen Ökosysteme, zu deren Erhaltung eine produktive, möglicherweise energieintensive Landwirtschaft insofern nützt, als sie es erlaubt, die Nahrungsproduktion auf Gebiete zu beschränken, wo sie die Umwelt vergleichsweise wenig belastet, und damit dazu beiträgt, dass fragile oder besonders wertvolle Ökosysteme erhalten bleiben (vgl. Abschnitt 0.3).

Die Umweltökonomie schlägt vor, dass die Umweltbelastungen und -entlastungen bewertet werden, um dann entsprechende Steuermechanismen (Umweltpolitik) einzuführen. Grundsätzlich müsste sich die Umweltpolitik dabei erstens am Wert der betroffenen Ressource, zweitens an den Kosten und drittens an der Umsetzbarkeit orientieren. Der enge Zusammenhang zwischen der Umwelt und dem Energieeinsatz legt nahe, dass eine Energiesteuer durchaus ein geeignetes, einfaches, umweltökonomisches Instrument sein könnte. Die umweltpolitische Steuerung kann aber auch bei den Produktionsprozessen ansetzen und zum Beispiel den Düngereinsatz regulieren. Je enger und unmittelbarer der Zusammenhang zwischen Energie und Umwelt, desto sinnvoller erscheinen umweltpolitische Instrumente, die bei den primären und sekundären Energieträgern ansetzen. Solche Instrumente wären nicht auf die Landwirtschaft auszurichten, da kein Energieträger nur oder auch nur vorwiegend in der Landwirtschaft eingesetzt wird. Sie würden die Landwirtschaft indirekt über erhöhte Energiepreise betreffen. Wo hingegen nur ein mittelbarer Zusammenhang zwischen Energie und Umwelt besteht, müsste sich eine wirksame Umweltpolitik nicht auf die Energieträger, sondern auf die umweltrelevanten Prozesse ausrichten und würde damit die Landwirtschaft direkter betreffen. Das Ausmass der Wirkungen einer solchen Politik auf die Landwirtschaft hängt dabei von den Substitutionsmöglichkeiten zwischen verschiedenen Energieträgern und Prozessen ab.

2.3.5.2 Charakterisierung von Produktionsmitteln bezüglich Umwelt und Energie

Aufgrund dieser Überlegungen versuchen wir nun, die landwirtschaftlichen Produktionsfaktoren bezüglich zweier Kriterien zu charakterisieren (vgl. Abbildung 15). Es sei angemerkt, dass diese Darstellung die Umweltauswirkungen des landwirtschaftlichen Energieeinsatzes nicht quantitativ beurteilen will. Es geht vielmehr darum, die Zusammenhänge zwischen landwirtschaftlichem Energieeinsatz und Umwelt zu typisieren. (Die genaue Positionierung der Produktionsfaktoren könnte ebenfalls noch diskutiert werden.)

Abbildung 15: Charakterisierung landwirtschaftlicher Produktionsfaktoren bezüglich Umwelt und Energie



Das erste Kriterium ist die Mittelbarkeit der Umweltwirkung des Energieeinsatzes (von unten nach oben). Unmittelbare Zusammenhänge bestehen dort, wo der Einsatz einer Energieart gleichsam aufgrund physikalischer oder chemischer Gesetze die Umwelt belastet. Dies ist der Fall beim Einsatz fossiler Brenn- und Treibstoffe, die stets zu einer CO₂-Belastung der Atmosphäre führen. Indirekte, mittelbare Zusammenhänge bestehen dort, wo die Umweltwirkungen des Energieeinsatzes vor allem durch das Wie, Wo und Wann des Faktoreinsatzes bestimmt sind. Zum Beispiel hängt die Belastung der Gewässer mit Nährstoffen nicht nur von der Düngermenge ab, sondern auch wesentlich vom Zeitpunkt der Düngung, dem Nährstoffentzug durch die Kulturpflanze, dem Nährstoffgehalt des Bodens, dem begleitenden Einsatz von Hofdüngern, der Nähe von Gewässern, der Durchlässigkeit des Bodens, etc. Ebenso haben Pflanzenschutzmittel zwar eine direkte Wirkung auf das Agrarökosystem (Acker, Wiese, mehrjährige Kulturen), doch variieren die Wirkungen auf die weitere Umwelt erheblich mit der Art des Pestizides und der Einsatzweise. Die Elektrizität schliesslich beeinflusst die Umwelt im wesentlichen bei der Produktion, kaum jedoch beim Verbrauch; die Wirkung ist daher indirekt.

Das zweite Kriterium betrifft die Substitutionsmöglichkeiten, die eher bei den Energieinputs oder bei den landwirtschaftlichen Produktionsprozessen liegen können. Substitutionsmöglichkeiten zwischen Energieträgern bestehen zum Beispiel bei jenen Energiearten, die zu Heizzwecken eingesetzt werden, wie Heizöl, Holz, Abwärme sowie teilweise Elektrizität. Substitutionsmöglichkeiten beim Produktionsprozess bestehen besonders dort, wo das Produktionsmittel eine sehr spezifische biologische Funktion wahrnimmt. Dies ist der Fall bei der Pflanzenernährung, die über Bodenlebewesen ebenso erfolgen kann wie über Handels- und Hofdünger. Die Möglichkeiten des Pflanzenschutzes sind auch sehr vielfältig und schliessen Sortenwahl, biologische Kontrolle, mechanische Unkrautregulierung, Fruchtfolge ebenso ein wie Pestizide. Ferner dürfte es eher schwierig sein, fossile Treibstoffe durch andere Energiearten zu ersetzen, doch bestehen bei den Prozessen, bei denen Maschinen mit Verbrennungsmotoren eingesetzt werden, gewisse Substitutionsmöglichkeiten (z.B. Minimalbodenbearbeitung, Herbizide statt mechanische Unkrautregulierung).

Die Bedeutung dieser Typisierung ist folgende: Bei Produktionsmitteln im linken, unteren Quadranten (direkte Umweltwirkung und Substitutionsmöglichkeiten beim Input) kann die Umweltpolitik beim Energieeinsatz ansetzen. Es wäre zu erwarten, dass eine Besteuerung dieser Energieträger die Umwelt im Ausmass des Verbrauchsrückgangs entlasten würde. Bei Produktionsmitteln im rechten, oberen Quadranten ist eine umweltpolitisch motivierte Energiesteuer relativ zu prozessorientierten Politiken wenig wirksam. Sofern eine Verteuerung der Mineraldünger einfach den Anbau von stickstoffreichen Zwischensaaten und Leguminosen fördert, wäre die Umweltwirkung möglicherweise null oder sogar negativ. Weitere mögliche unerwünschte Wirkungen sind ein verstärkter "Hofdüngertourismus", vermehrte Ausbringung von Hofdünger auf mechanisch wenig belastbare Böden, etc.

2.3.5.3 Produktionsenergie versus Transportenergie

Der Energieeinsatz in der Landwirtschaft steht in einer Substitutionsbeziehung mit dem Energieeinsatz zum Transport landwirtschaftlicher Produkte. Aufgrund des Energiebedarfs zum Transport kann es selbst dann energetisch sinnvoll sein, Agrar-

produkte lokal zu produzieren statt zu importieren, wenn die lokale Produktion energieintensiver ist als die Produktion im Exportland.

Zur Verdeutlichung sei eine überschlagsmässige Rechnung angestellt: Die Produktion pflanzlicher Grundnahrungsmittel und von Milch bedarf grob zwischen 2 und 7 MJ / kg. Der (direkte) Energieverbrauch verschiedener Transportmittel ist in Tabelle 23 angegeben. Er beträgt zwischen 0,3 und 28 MJ pro Kilogramm und 1000 Kilometer. Falls die Produktion eines Agrargutes im Exportland 1 MJ / kg weniger Energie braucht als im Importland, kann dieses zwischen rund 30 km (Flugverkehr) und 3000 km (Schiff) transportiert werden, bis die Energiebilanz des Importes ungünstiger als die Energiebilanz der lokalen Produktion wird. Dabei ist die Energie für die Haltbarmachung gewisser Agrarprodukte (Kühlung, Verpackung, Pestizide) und für die Transportinfrastruktur noch nicht einmal berücksichtigt. Die Transportenergie fällt also durchaus ins Gewicht.

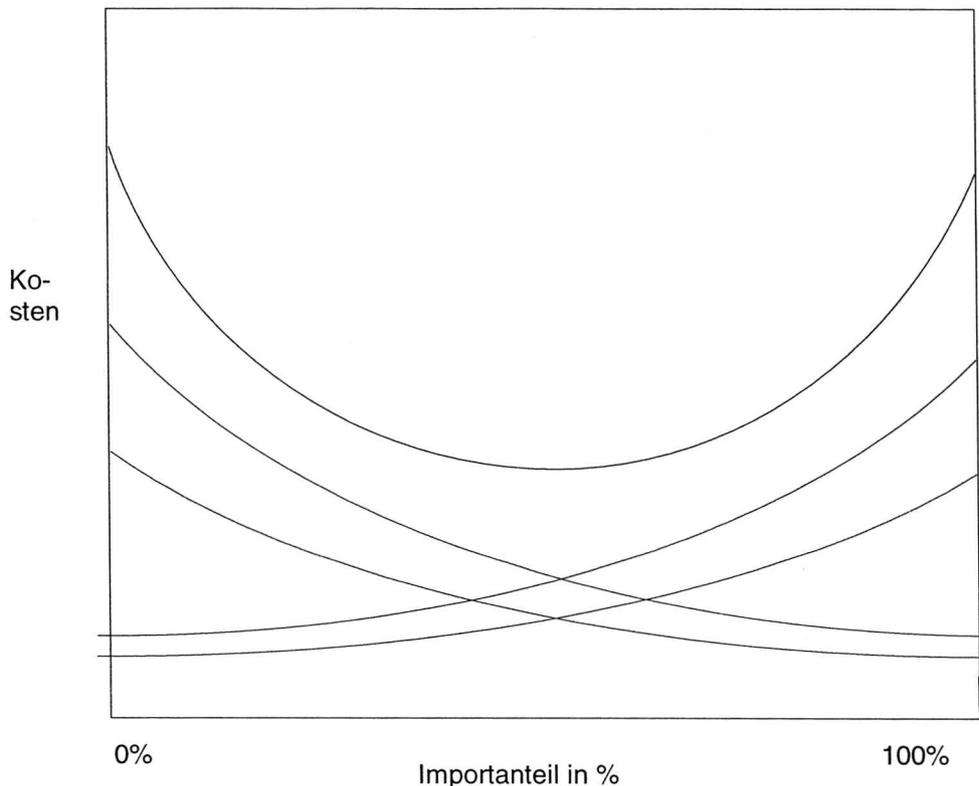
Tabelle 23: Energieverbrauch von Transportmitteln

Transportmittel	Energieverbrauch [KJ / kg / km]
Schifffahrt	0,34
Eisenbahn	0,50
Strassenverkehr	3,49
Flugverkehr	27,85

Quelle: Pimentel, p. 55

Man könnte daher von einem energieoptimalen Selbstversorgungsgrad sprechen (vgl. Abbildung 16).

Abbildung 16: Energieoptimaler Selbstversorgungsgrad



- Totale Kosten
- Produktions-, Transport-, & Umweltkosten bei Importen
- Produktions- & Transportkosten bei Importen
- Produktions- & Umweltkosten bei Inlandprodukten
- Produktionskosten bei Inlandprodukten

Der energieoptimale Selbstversorgungsgrad variiert je nach Agrarprodukt. Ohne quantitative Energiebilanzen aufzustellen, kann Folgendes gesagt werden: Der energieoptimale Selbstversorgungsgrad dürfte tief liegen bei einfach zu transportierenden Ackerprodukten wie Getreide und Zucker, die in der Schweiz im Vergleich zu den Hauptproduktionsländern energieintensiv angebaut werden. Bei Frischmilchprodukten ist er aufgrund der verbreiteten, eher energieextensiven Weidehaltung und der stärker ins Gewicht fallenden Transportenergie (Kühlung) hoch. Früchte werden in der Schweiz kaum energieintensiver angebaut als in potentiellen Exportländern. Der energieoptimale Selbstversorgungsgrad dürfte demnach hoch sein, wobei allerdings zwischen Lagerobst und Saisonfrüchten zu unterscheiden wäre. Dasselbe gilt sinngemäss für Freilandgemüse.

2.3.5.4 Rückvergütung der Umweltsteuern

Die von der Landwirtschaft zu zahlenden Umweltsteuern könnten in Form von Beiträgen an die landwirtschaftlichen Betriebe zurückerstattet werden. Das Ziel wäre die Kostenneutralität für die einzelnen Betriebe zu gewährleisten. Das Landwirtschaftliche Einkommen bleibt somit unverändert.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, diese Steuern in Form von Beiträgen an die Landwirtschaftsbetriebe zurückzugeben:

- **Betriebsbeitrag** Beim Betriebsbeitrag erhält jeder landwirtschaftliche Betrieb einen Pauschalbeitrag. Dieser Beitrag wird ökonomisch als Senkung der Fixkosten interpretiert. Die optimale Produktionsmenge bleibt dabei gleich. Das daraus resultierende Einkommen wird aber um den Betriebsbeitrag erhöht. Betriebsbeiträge haben den Nachteil, dass sie den Strukturwandel tendenziell verlangsamen.
- **Flächenbeitrag** Der Flächenbeitrag richtet sich nach der bewirtschafteten Fläche. Grössere Betriebe erhalten entsprechend mehr Beiträge. Ökonomisch werden Flächenbeiträge als Senkung der variablen Kosten interpretiert. Die optimale Produktionsmenge und damit die Betriebsfläche wird vergrössert. Die Nachfrage nach bewirtschaftungsfähigem Land wird dadurch steigen. Eine Folge davon ist das Ansteigen der Pachtpreise.

Während die kleinen Betriebe bei den Betriebsbeiträgen mehr profitieren, sind für die Grossbetriebe die Flächenbeiträge interessanter.

Für die Einführung einer kostenneutralen Umweltsteuer erscheint eine Kombination aus Betriebs- und Flächenbeiträgen am geeignetsten.

2.3.5.5 Agrarpolitik 2002: Fall 10

Eine mässige Besteuerung der Energieträger (im Umfang von zehn bis zwanzig Prozent) hätte grundsätzlich die gleiche Wirkung wie eine Energiepreissteigerung (Fall 4). Das heisst, sie würde vor allem die landwirtschaftlichen Einkommen reduzieren, kaum jedoch den Einsatz von energieintensiven Inputs. Ausserdem hätte eine Energiesteuer wenig Einfluss auf das Wo, Wie, und Wann des Einsatzes von Dünger und Pflanzenschutzmitteln.

Eine Energiesteuer wäre also unter der Agrarstrukturentwicklung AP 2002 in der Landwirtschaft wenig wirksam. Das bedeutet nun aber nicht, dass die Energiesteuer insgesamt unwirksam bliebe. Aus ökonomischer Sicht liegt ein wesentlicher Vorteil einer Besteuerung nämlich gerade darin, dass vor allem jene Wirtschaftssektoren mit einer reduzierten Nachfrage reagieren, die ihren Energieeinsatz relativ einfach substituieren oder vermindern könnten. Die geringe Energienachfrageelastizität der Landwirtschaft besagt, dass dies in der Landwirtschaft nicht der Fall ist. Eine Energiesteuer hätte vermutlich viel grössere Auswirkungen auf den privaten Energieverbrauch.

Eine direkte Besteuerung der landwirtschaftlichen Inputs (im Gegensatz zur allgemeinen Besteuerung der Energieträger) hätte direktere, signifikantere Auswirkungen. Aber auch hier ist aufgrund der geringen Faktornachfrageelastizität der Einkommenseffekt dominant. Da beim Dünger und bei den Pflanzenschutzmitteln die Art und Weise des Einsatzes die Umweltbelastung bestimmen, wäre eine nur mengenmässige Reduktion ineffizient. Wirksamer scheint hier eine auf Standards beruhende Umweltpolitik, die die Art des Hilfsstoffeinsatzes beschränkt, wie dies bereits heute der Fall ist.

In der Bio-Variante hätte eine mässige Energiesteuer praktisch keinen Effekt auf die Faktornachfrage.

2.3.5.6 EU- und Weltmarktpreise: **Fall 11** und **Fall 12**

Auch in diesen Fällen hat eine Besteuerung der Energieträger grundsätzlich die gleiche Wirkung wie eine Energiepreissteigerung (Fälle **5** und **6**). Da aber bei reduzierten Agrarpreisen und beschleunigtem Strukturwandel die Faktornachfrage elastischer wird, würde auch eine mässige Energiesteuer den landwirtschaftlichen Energieeinsatz leicht reduzieren. Der Faktormengeneffekt der Steuer ist aber vermutlich kleiner als der ohnehin eintretende Extensivierungseffekt der Agrarpolitik. Der Einkommenseffekt der Steuer würde den Strukturwandel zusätzlich beschleunigen, was sozialpolitisch problematisch wäre, da der Strukturwandel bei einer Annäherung an EU- oder Weltmarktpreise ohnehin drastisch ist.

Sollte eine CO₂-Steuer weltweit oder in den wichtigsten Nahrungsmittel produzierenden Ländern erhoben werden, wäre wie in den Fällen **5** und **6** eine Verknappung des Nahrungsmittelangebots und eine Agrarpreissteigerung zu erwarten. Da die schweizerischen Agrarpreise etwa dem internationalen Niveau entsprechen, wäre diese Entwicklung in der Schweiz spürbar und würde den Strukturwandel sowie die Faktormengeneffekte der Energiesteuer abschwächen.

Ein wichtiger Unterschied zwischen einer weltweiten Energiesteuer und einer Energieverknappung besteht in den Auswirkungen auf die weltwirtschaftliche und -politische Stabilität. Einerseits führt die Energiesteuer besonders bei schrittweiser Einführung nicht zu einer Rezession im selben Umfang wie eine Energieverknappung, da die direkten oder andere indirekte Steuern im Ausmass der Energiesteuern reduziert werden könnten. Andererseits sind auch keine zusätzlichen Petrodollars vorhanden, die einen Anreiz zur Staatsverschuldung darstellen würden. Nahrungsmittelimportierende Entwicklungsländer wären aber trotzdem betroffen, da die Agrarpreise ansteigen würden. Fraglich bleibt die Umsetzbarkeit einer globalen CO₂-Abgabe.

2.4 Übersicht

Tabelle 24 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Resultate der obigen Diskussion.

Tabelle 24: Übersicht der wichtigsten Resultate

Energiepreis	AP 2002		EU-GAP und Weltmarkt	
	Tief (A)	Hoch (B)	Tief (A)	Hoch (B)
Landwirtschaftliche Einkommen	erhebliche Zunahme	Zu- oder Abnahme je nach Ausmass der Energiepreissteigerung	erheblicher Rückgang	Rückgang, je nach Weltmarktagrarpreisen
Landwirtschaftliche Beschäftigung	Abnahme	Abnahme	starke Abnahme	starke Abnahme
Energieintensität der Landwirtschaft	konstant	konstant, abnehmend bei erheblichem Energiepreisanstieg	Abnahme	erhebliche Abnahme
Reaktion der Faktornachfrage auf Energiepreise	unbedeutend	mittel	mittel	gross
Reaktion des lw. Einkommens auf Energiepreise	erheblich	stark	stark	sehr stark
Reaktionsfähigkeit auf Energiesteuern	schwach	bescheiden	mittel	mittel
Reaktionsfähigkeit auf Umweltsteuern	bescheiden		bescheiden	
Reaktionsfähigkeit auf Umweltstandards	gut		gut	
Bedeutung weltwirtschaftlicher Entwicklungen für CH Landwirtschaft	über Politik	über Politik und Energiepreise	über Politik und Agrarpreise	über Politik, Energie- und Agrarpreise

3 Schlussfolgerungen

3.1 Technische Aspekte

- Der landwirtschaftliche Energieeinsatz erfolgt zum grössten Teil über die Landmaschinen (Innen- und Aussenwirtschaft), die Handelsdünger und die Gebäude. Pflanzenschutzmittel sind energetisch unbedeutend.
- Von den hauptsächlichen Energieinputs in die Landwirtschaft kann der Düngereinsatz am schnellsten an veränderte Energiepreise angepasst werden. Der Treibstoffverbrauch ist an den Einsatz von Maschinen gekoppelt, die kurz- bis mittelfristig quasi-fixes Kapital darstellen. Daher kann er kurzfristig nur in engen Grenzen angepasst werden.
- In der Landwirtschaft bestehen verschiedenste technische Möglichkeiten der Energie(rück)gewinnung. Beispiele sind: Holz, Leguminosen zur Substitution von Stickstoffdüngern, Biogas, Wärmetauscher, Sonnenkollektoren, ferner Energiepflanzen (stärke-, öl-, zucker- oder zellulosehaltige Ackerfrüchte). Zur Nutzung dieser Energiequellen sind meist erhebliche Investitionen auf dem Hof oder in Verarbeitungsbetrieben erforderlich.
- Nachwachsende Rohstoffe im Sinne von Ackerpflanzen wie Raps haben einen schlechten Energiekoeffizienten: Pro Joule "Energieernte" müssen 0,6 bis 0,9 Joule Energie eingesetzt werden.

3.2 Umweltaspekte

- Der landwirtschaftliche Energieeinsatz ist in einigen Fällen unmittelbar, in andern nur sehr indirekt mit einer Umweltbelastung verbunden. Ein relativ direkter Zusammenhang besteht insbesondere bei den fossilen Treib- und Brennstoffen, die stets zu einer CO₂-Belastung führen. Neben der Menge ist die Art und Weise des Produktionsmittelgebrauchs entscheidend für die Umweltwirkungen. Dies gilt insbesondere für die Handelsdünger und andern Nährstoffquellen sowie die Pestizide.
- Weltweit gesehen hat eine produktive (und daher eventuell energieintensive) Landwirtschaft auch positive Auswirkungen auf die Umwelt: Sie verringert grundsätzlich die Nachfrage nach Kulturland und kann so zur Entlastung fragiler Böden und Ökosysteme beitragen. Es sei aber betont, dass auch intensiv bewirtschaftete Böden ökologisch nachhaltig genutzt werden müssen.
- Eine Alkoholproduktion in grösseren Umfang ist mit erheblichen Schwierigkeiten der umweltgerechten Entsorgung von Nebenprodukten verbunden.

3.3 Wirtschaftliche Aspekte

- Die Stützung der Landwirtschaft, wie sie in Europa praktiziert wird, erhöht grundsätzlich den Energieeinsatz pro Hektare.
- Die Energienachfrage der schweizerischen Landwirtschaft ist preisunelastisch. Das heisst, eine Energieverteuerung wirkt sich nur wenig auf den landwirtschaftlichen Energieverbrauch aus.
- Die kleine Energienachfrageelastizität ist teilweise durch die heutige Agrarpolitik verursacht, denn bei kleinen Betrieben und bei im Vergleich zu einer Situation reduzierter Agrarpreise hohem Arbeitseinkommen ist der Anteil der Energie an den Produktionskosten gering (ca. 15%). Kontingentierungen vermindern grundsätzlich die Reaktionsfähigkeit der Landwirtschaft auf veränderte Preisverhältnisse. Eine liberalere Agrarpolitik würde die Energienachfrageelastizität der Landwirtschaft erhöhen.
- Bei einer erheblichen Energieverteuerung ist zunächst eine Faktorsubstitution und ein vermehrter Einsatz von energiesparenden Techniken zu erwarten. In zweiter Linie erfolgt auch eine Extensivierung (Verminderung des Produktionsniveaus).
- Einschneidende agrarpolitische Massnahmen wie etwa eine Annäherung an das Preisniveau der EU hätten wesentliche energetische Auswirkungen. Der Energieeinsatz pro Hektare würde sich vermindern, bei gleichzeitiger Zunahme des Energieanteils an den Produktionskosten aufgrund einer Verstärkung des Strukturwandels und verringerter Arbeitseinkommen.
- Ein weltweiter Anstieg der Energiepreise hätte grundsätzlich eine Verteuerung der Nahrungsmittel und anderer Agrarprodukte zur Folge. Je teurer die Energie, desto abhängiger sind die Nahrungsmittelpreise von den Energiepreisen.
- Die Auswirkungen drastischer Energiepreissteigerungen können nicht für die Landwirtschaft allein beurteilt werden.
- Der Anbau von Energiepflanzen wie Raps oder Zuckerrüben wird in der Schweiz kaum je wirtschaftlich sein. Dies gilt nicht für Holz.

4 Zusammenfassung

Aufgrund der Photosyntheseleistung der Pflanzen weisen der landwirtschaftliche Pflanzenbau und die Forstwirtschaft positive Nettoenergiebilanzen auf. Netto wird mehr Sonnenenergie in nutzbare Formen umgewandelt, als Energie verbraucht wird. Die Energiebilanz der gesamten Landwirtschaft wird aber negativ, wenn die Tierhaltung dominiert, denn die Veredelung pflanzlicher in tierische Produkte ist mit einem Energieverlust verbunden, dem allerdings eine Wertschöpfung gegenübersteht. Die Energiebilanz der industrialisierten Länder hat aufgrund der zunehmenden Rationalisierung und Mechanisierung (Substitution menschlicher Arbeit durch Kapital) in diesem Jahrhundert abgenommen. Der Anteil der Landwirtschaft am Gesamtenergieverbrauch ist gemessen an ihrem Anteil am Bruttosozialprodukt eher klein.

Die wesentlichen Energieinputs in die Landwirtschaft sind in den Ländern des Nordens die Maschinen und die für ihren Betrieb nötigen Treibstoffe und Elektrizität sowie die Stickstoff-Handelsdünger. Ferner ist die graue Energie der Gebäude nicht zu vernachlässigen. Die Agrarsysteme der Länder des Südens sind im allgemeinen energieextensiver, bei einem höheren Anteil der Dünger am Energieeinsatz. Die menschliche Arbeit sowie tierische Zugkraft spielen dort eine bedeutende Rolle. Die Bewässerungsenergie ist weltweit vernachlässigbar, kann aber lokal stark ins Gewicht fallen.

Die Agrarsysteme jener Länder des Nordens, die traditionell eine protektionistische Agrarpolitik betrieben (Westeuropa, Japan), sind energieintensiv: Der Dünger- und Maschineneinsatz ist im internationalen Vergleich sehr hoch. Die Arbeitsintensität ist geringer als in Entwicklungsländern. Länder mit grossen Bodenreserven (USA, Ozeanien, Argentinien) weisen geringe Maschinen und Düngerintensitäten auf; ihre Landwirtschaften sind daher energieextensiver. Weltweit hat der Düngereinsatz in den letzten 10 Jahren abgenommen, teils aufgrund der tiefen Agrarpreise, teils aufgrund der Handelsliberalisierungen, Deregulierungen und Strukturanpassungsprogramme. Es wird aber allgemein erwartet, dass die Nahrungsmittelpreise aufgrund der stagnierenden Erträge, der demographischen Entwicklung und der Einkommenszunahmen in einigen Ländern wieder steigen. Dies dürfte mittelfristig den weltweiten Düngereinsatz und die Energieintensität der Agrarsysteme wieder ansteigen lassen.

Setzt die Schweiz ihre derzeitige Agrarpolitik fort, bleiben ihre Agrarpreise trotz Anpassungen höher als die internationalen. Die geplanten Direktzahlungen führen nach einer Phase des Einkommensrückgangs in der ersten Hälfte der 90er Jahre wieder zu einem Einkommensanstieg und einer Abschwächung des Strukturwandels. Unter solchen Bedingungen haben kleinere Energiepreissteigerungen keinen wesentlichen Einfluss auf die Produktionsweise und -struktur. Allenfalls würden energiesparende Techniken eingesetzt wie etwa die gezieltere Verteilung von Hofdünger, der Anbau von Leguminosen oder die Minimalbodenbearbeitung. Gleichzeitig würden sich die landwirtschaftlichen Einkommen entsprechend der Produktionskostensteigerung vermindern. Hingegen würde eine drastische Energieverteuerung im Umfange einer Verdoppelung die Arbeitseinkommen bei gleichbleibender Produktionsweise deutlich reduzieren. Der Strukturwandel würde dadurch verstärkt. Eine ähnliche Wirkung

hätte eine beschleunigte Annäherung der schweizerischen Agrarpreise an das Niveau der EU oder der Weltmärkte. Bei verringerten Arbeitseinkommen und verstärktem Strukturwandel verringert sich einerseits die Intensität der Agrarproduktion, andererseits wird auch die Preiselastizität der landwirtschaftlichen Faktornachfrage etwas zunehmen. Der wichtigste Unterschied zwischen einer Energieverteuerung und einer Reduktion der Agrarpreise besteht darin, dass sich die Faktorpreisverhältnisse im ersten, aber nicht im zweiten Fall zugunsten der Arbeit verschieben. Daher würden bei einer Energieverteuerung gewisse arbeitsintensive, energiesparende oder -gewinnende Verfahren eingesetzt, etwa die vermehrte Nutzung von Brennholz. Bei einer Reduktion der Agrarpreise würde die Energieintensität eher über eine allgemeine Extensivierung der Produktion reduziert. Die Nutzung eigentlicher Energiepflanzen wie öl-, zucker- oder stärkehaltiger Ackerfrüchte wäre in jedem Fall unwirtschaftlich und würde mit Ausnahme der Ölpflanzen Probleme bei der umweltgerechten Entsorgung der Nebenprodukte verursachen. Eine Subventionierung dieser nachwachsenden Rohstoffe erscheint weder energie- noch agrar- noch umweltpolitisch sinnvoll.

Eine weltweite, drastische Energieverteuerung hätte steigende Nahrungsmittelpreise zur Folge, namentlich weil der Düngereinsatz weiter zurückginge. Dazu kommt, dass der Anbau von Energiepflanzen in gewissen Gebieten wirtschaftlich werden oder staatlich gefördert werden könnte. Damit würden die Nahrungsmittelpreise stärker an die Energiepreise gekoppelt. Passt die Schweiz gleichzeitig ihre Agrarpreise stärker an das internationale Niveau an, wäre diese Entwicklung auch in der Schweiz direkt spürbar. Die schweizerische Landwirtschaft wäre dann einerseits mit erhöhten Energiepreisen, andererseits mit (im Vergleich zu den heutigen EU- oder Weltmarktpreisen) verbesserten Agrarpreisen konfrontiert. Die Wirkungen dieser beiden Preisveränderungen auf die Agrarstruktur heben sich gegenseitig teilweise auf. Es darf aber nicht übersehen werden, dass eine Senkung der Agrarpreise auf ein internationales Niveau vorerst sehr einschneidende Wirkungen hätte.

Bei einer drastischen Energieverteuerung hängt die Entwicklung des Agrarsektors entscheidend auch von den gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen ab. Eine Reihe von Szenarien sind denkbar, deren Diskussion den Rahmen der vorliegenden Studie aber sprengen würde.

Eine umweltpolitisch motivierte Energiesteuer erscheint ökonomisch sinnvoll, da sie vorwiegend bei jenen Energieverbrauchern wirksam wird, die den Energieeinsatz mit relativ wenig Aufwand oder Einbussen reduzieren können, ohne dass diese zuerst identifiziert werden müssten. Die heutige, schweizerische Landwirtschaft gehört allerdings nicht zu diesen Verbrauchern, denn sie weist eine geringe Preiselastizität der Energienachfrage auf. Ebenso hat eine moderate, umweltpolitisch motivierte Besteuerung landwirtschaftlicher Produktionsmittel nur einen geringen Effekt auf die Umwelt, aber einen beträchtlichen Effekt auf die landwirtschaftlichen Einkommen. Die negativen Auswirkungen der Landwirtschaft sind oft nicht nur eine Frage der Menge, sondern auch und vor allem der Art und Weise (Wie, Wo, Wann) des Faktoreinsatzes. Dies gilt für Pestizide und, in abgeschwächter Form, auch für Handelsdünger. Entsprechend sollte eine effiziente Agrar-Umweltpolitik wie bisher vorwiegend mit Standards (Gebote, Verbote) operieren.

5 Bibliographie

- Elektrizitätswerke des Kantons Zürich. 1995. Landwirtschaftstarife
- Evans, L.T. 1993. Crop evolution adaption and yield
- Faidley, L.W. 1992. Energy and Agriculture in Energy in World Agriculture Volume 6; Energy in Farm Production
- FAO Yearbook Fertilizer. mehrere Jahrgänge
- FAO Yearbook Production. mehrere Jahrgänge
- Henze, A. 1987. Die Produktionsmittel der Landwirtschaft
- IFPRI, 1995. Population and Food in the Early Twenty-First Century
- Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau. 1995. Deckungsbeitragskatalog“
- Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau. 1995. Preiskatalog
- Leach, G. 1976. Energy and food production
- Mattsson, C. 1986. An Economic Analysis of the Application of Nitrogen Fertilizer and Manure Handling, Report 265
- OECD. 1996. National Accounts Detailed Tables Volume II
- OECD. 1994. Energy Statistics of OECD Countries 1991-1992
- Pimentel, D. 1980. Handbook of Energy utilization in agriculture
- Rieder, P. Braunschweig, T. 1994. Volkswirtschaftliche Analyse nachwachsender Rohstoffe am Beispiel Rapsmethylester
- Rieder, P. Röst, A. Jörin, R. 1995. Simulationsmodell zur Darstellung der entwicklung des schweizerischen Agrarsektors
- Rösti, A. Dissertations-Entwurf
- Schäfer, H. 1987. Nutzung regenerativer Energiequellen
- Stout, B.A. 1990. Handbook of energy for world agriculture
- Studer, R. 1978. Studie über den Energie-Input und Output in der schweizerischen Landwirtschaft. in Energie und Landwirtschaft Tagung; 25.-27.Mai 1978;
- G. Duttweiler-Institut Rüschlikon
- Tages-Anzeiger. 8.November 1996
- Walo, A. 1994. Grössen und Verbundvorteile bei Mehrprodukteunternehmen
- Weber, A. 1979. Langfristige Energiebilanz in der Landwirtschaft